



**ANDRÉ FILIPE  
ESPINHAL SUCENA**

**Conceptualização de um sistema de apoio à  
produção na área cerâmica**



**ANDRÉ FILIPE  
ESPINHAL SUCENA**

**Conceptualização de um sistema de apoio à  
produção na área cerâmica**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho àqueles que dele fizeram proveito.

## **o júri**

presidente

**Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Maria Pinto de Moura**  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor José Manuel Matos Moreira**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira**  
Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Agradeço ao Doutor Carlos Ferreira pela disponibilidade que sempre mostrou em me receber no seu gabinete e no esclarecimento de todas as dúvidas que naturalmente me foram aparecendo no decorrer deste trabalho.

Agradeço a todos os meus colegas na Revigrés pela simpatia com que me receberam e com que sempre fui tratado. Agradeço em especial ao Eng<sup>o</sup> Nuno França pela confiança que depositou em mim, e ao Eng<sup>o</sup> Rui Simões pela amizade e compreensão ao longo de cada um dos meus dias na empresa. Acima de tudo, agradeço à Revigrés pela disponibilização de café decente e acessível – sem esse líquido milagroso, este trabalho não seria possível.

Agradeço aos meus amigos por cada um dos bons momentos que me proporcionam, tanto de descontração como de apoio. Jim Rohn disse que nós somos a média dos nossos cinco melhores amigos e, nesse caso, não poderia exigir melhor.

Agradeço a toda a minha família por nunca terem deixado de acreditar em mim. Agradeço à minha mãe que, apesar de toda a adversidade, lutou para me dar a oportunidade que nunca teve, à minha irmã por não me ter aborrecido muito nestes últimos meses, e à minha avó, pelo sorriso eterno – afinal, parece que ainda há-de ver “um neto formado.”

Por último, agradeço à minha namorada, Liliana, que surgiu no momento certo da minha vida para me ensinar silenciosamente que a felicidade é um processo inacabável de dedicação àquilo que se ama, salvando-me da conclusão perigosa de que tudo isto é absurdo.

**palavras-chave**

Planeamento e controlo de produção, MRP, MRPII, teoria das restrições, planeamento de capacidade, gestão da procura, sistemas de informação, falta de homogeneidade no produto, mosaicos cerâmicos

**resumo**

O presente trabalho complementa um período de estágio de 9 meses na Revigrés, e pretende demonstrar uma possível abordagem ao planeamento e controlo de produção de mosaicos cerâmicos. A gestão deste tipo de produtos é infame por ser complexa, ao ser afectada pela chamada falta de homogeneidade no produto, o que leva a que as empresas prefiram a flexibilidade que um planeamento informal, à base da experiência dos gestores, permite. Esta flexibilidade, contudo, tem custos aliados, como *stocks* excessivos e falta de coordenação nas operações, tanto internas como externas. O autor propõe, por isso, um sistema MRPII que lide com a Falta de Homogeneidade no Produto (FHP) do ambiente de produção de mosaicos cerâmicos.

**keywords**

Production planning and control, MRP, MRPII, theory of constraints, capacity planning, demand management, information systems, lack of homogeneity in the product, ceramic tiles

**abstract**

This work complements a 9-month internship at Revigrés, and pretends to demonstrate a possible approach to the ceramic tile production planning and control process. The management of this kind of products is infamous for being complex, as it is affected by the so-called lack of homogeneity in the product. This leads to companies in the sector adapting informal planning processes, based on the experience of the managers, that are, nevertheless, flexible. This flexibility, however, comes with some costs, with excessive stock levels and lack of coordination in both internal and external operations being just a few. For this reason, the author proposes a MRPII system, fine-tuned to deal with the Lack of Homogeneity in the Product (LHP) associated with the ceramic tile production environment.





# ÍNDICE

Índice de figuras .....	iii
Índice de tabelas .....	iii
Glossário de termos:.....	iv
1. Introdução .....	1
1.1. Motivação.....	1
1.2. Metodologia .....	3
1.3. Estrutura .....	4
2. Enquadramento teórico .....	5
2.1. Sistemas de informação .....	5
2.1.1. Implementação de um sistema de informação.....	6
2.2. Enquadramento histórico do planeamento e controlo de produção.....	7
2.3. Sistemas de planeamento e controlo de produção.....	10
2.4. Manufacturing resource planning .....	12
2.4.1. Gestão da procura.....	14
2.4.2. Gestão da oferta.....	16
2.4.3. Planeamento estratégico.....	18
2.4.4. Planeamento de negócio.....	19
2.4.5. Planeamento agregado .....	20
2.4.6. Planeamento director de produção .....	25
2.4.7. Material Requirements Planning .....	30
2.4.8. Capacity Requirements Planning .....	34
2.4.9. Controlo das actividades de produção.....	36
2.5. Flexibilidade de um sistema baseado em MRP .....	40
2.5.1. Teoria das restrições .....	42
2.6. A falta de homogeneidade no produto .....	43
3. Projecto na Revigrés .....	46
3.1. Enquadramento com o sector cerâmico.....	46
3.2. Enquadramento com a empresa em estudo.....	47
3.3. A situação na Revigrés .....	49
3.3.1. Processo produtivo da empresa .....	50
3.3.2. O problema da falta de homogeneidade do produto na Revigrés .....	53
3.3.3. O planeamento e controlo da produção na Revigrés .....	58
3.4. Conceptualização de um sistema de planeamento e controlo de produção para a Revigrés.....	59
3.4.1. A gestão da procura na Revigrés .....	60
3.4.2. A gestão da oferta na Revigrés.....	63
3.4.3. Reuniões S&OP .....	65

3.4.4.	Dinâmica do planeamento operacional .....	68
3.4.5.	O modelo MPS-REV-FHP .....	71
3.4.6.	Promessa de prazos ao cliente e os Stocks fragmentados .....	80
3.4.7.	MRP e CRP .....	82
3.4.8.	Controlo das actividades de produção na Revigrés.....	84
3.5.	Flexibilidade do sistema sugerido .....	87
3.6.	Implicações para a gestão .....	89
4.	Conclusões e trabalho futuro.....	90
	Bibliografia .....	92

Anexo 1 - Abordagem tecnológica à FHP

Anexo 2 – Implementação do modelo MP-REV-FHP no CPLEX

Anexo 3 – Implementação da técnica de Holt-Winters em Excel.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas.....	7
Figura 2 - Hierarquia do planeamento e controlo de produção. ....	11
Figura 3 - A abordagem MRPII. ....	12
Figura 4 - Exemplo da irregularidade da procura dependente. ....	14
Figura 5 - Características e objectivos da gestão da procura.....	15
Figura 6 - Diferentes abordagens ao processo produtivo. ....	27
Figura 7 - Lógica do cálculo MRP para um determinado produto. ....	31
Figura 8- Exemplo de uma vista explodida de um produto e respectiva BOM multi-nível. ....	34
Figura 9 - Factores a ter em conta no momento do sequenciamento.....	39
Figura 10 - Logotipo da Revigrés.....	48
Figura 11 - Layout da empresa e fluxo de materiais entre todas as fases de produção possíveis. ....	50
Figura 12 – Típicas fases de fabrico de um produto de PT na Revigrés.....	53
Figura 13 - Reclamação devido a uma mistura de sub-lotes.....	56
Figura 14 - Estrutura das reuniões de planeamento da Revigrés.....	58
Figura 15 - Estrutura de actividades para cada passo do MRPII-FHP para porcelanatos técnicos e porcelanatos esmaltados.....	59
Figura 16 - Exemplo de Tendência de vendas de um determinado produto. ....	61
Figura 17 - Exemplo da sazonalidade de vendas de um determinado produto.....	62
Figura 18- Estrutura desejada para a reunião S&OP. ....	66
Figura 19 – Perfis de carga relativos a um plano de produção. ....	68
Figura 20 – Principal pressuposto do modelo sugerido.....	73
Figura 21 - Dinâmica pretendida para os fluxos de materiais e informação. ....	82
Figura 22 - BOM multi-nível para o Dual Bege 30x60 RECT.....	83
Figura 23 – BOM alternativa para o Dual Bege 30x60 NAT .....	84
Figura 24 - Interface genérico de um centro de controlo.....	86
Figura 25 - Efeito desejado do buffer de capacidade na cadeia. ....	88

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Sinergia entre sistemas/filosofias de produção.....	9
Tabela 2 - Decisões inerentes à influência na capacidade e procura durante o planeamento agregado. ....	22
Tabela 3 - Evolução da maturidade do S&OP.....	24
Tabela 4 - Adaptação do MTS a cada ambiente produtivo.....	29
Tabela 5 - Diferenças entre o RCCP e o CRP.....	35
Tabela 6 - Intervenientes indicados à participação nas reuniões S&OP da Revigrés. ....	65
Tabela 7 - Estrutura do plano de produção pretendida. ....	67
Tabela 8 – Interacção do FAS com o MPS, por semana.....	70
Tabela 9 - Diferenças entre o modelo MP-CSC-FHP e o proposto. ....	71
Tabela 10 – Índices do modelo MP-REV-FHP.....	74
Tabela 11 - Conjuntos de índices do modelo MP-REV-FHP.....	74
Tabela 12 - Parâmetros do modelo MP-REV-FHP.....	74
Tabela 13 - Variáveis de decisão do modelo MP-REV-FHP.....	75

## GLOSSÁRIO DE TERMOS:

**APICS:** American Production and Inventory Control Society

**ATP:** Available-to-promise

**BOM:** Bill of Materials

**CRP:** Capacity Requirements Planning

**CTO:** Configure-to-order

**DBR:** Drum-buffer-rope

**ERP:** Enterprise Resource Planning

**FAS:** Final Assembly Schedule

**FHP:** Falta de Homogeneidade no Produto

**JIT:** Just-in-time

**MES:** Manufacturing Execution System

**MPS:** Master Production Schedule

**MRP:** Material Requirements Planning

**MRPII:** Manufacturing Resource Planning

**MTO:** Make-to-order

**MTS:** Make-to-stock

**OPT:** Optimized Production Theory

**PAC:** Production Activity Control

**PCP:** Planeamento e Controlo de Produção

**RCCP:** Rough-cut capacity planning

**S&OP:** Sales and operations planning

**SFC:** Shop-floor control

**TOC:** Theory of Constraints

**WIP:** Work-in-process

**LAP:** Lapado

**MP:** Monoporosa

**NAT:** Natural

**PE:** Porcelanato Esmaltado

**POL:** Polido

**PT:** Porcelanato Técnico

**RECT:** Rectificado

**RipPol:** Ripasse para polir

**RipRec:** Ripasse para rectificar

**SAT:** Satinado

**S-POL:** Semi-polido

**U1,U2,U3,U4,U5:** Unidade 1, 2, 3, 4, 5

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Motivação

“Nunca uma batalha foi vencida de acordo com o plano, mas também nunca uma batalha foi vencida sem um plano. (...) Planos são inúteis, mas o planeamento é essencial.” – Dwight E. Eisenhower, 34º presidente dos EUA.

Num mundo cada vez mais impiedoso, reinam aqueles que o conseguem ser ainda mais. As organizações, depois de tanto se terem esforçado no último século para adaptarem os conceitos de psicologia ao marketing, depois de terem revolucionado a sua imagem de uma meramente industrial – utilitária – para uma mais humanamente próxima do consumidor – tornando-se, durante o processo, nas chamadas “corporações” – parecem agora também ter herdado a característica animal da lei de Darwin. De forma simples, as empresas sobreviventes são aquelas que se adaptam melhor e com maior rapidez às mudanças no ambiente. Para isso, precisam de ser não só agressivas e resilientes mas, acima de tudo, flexíveis, tal e qual como qualquer outro animal.

Os humanos são diferentes, e possuem uma característica que governa sobre esse conjunto de características – a inteligência. Essa capacidade de sacrificar o curto prazo pelo longo prazo foi o que permitiu aos humanos chegar onde chegaram, e é o que permite às organizações chegarem onde querem chegar. Não é, portanto, de admirar que as organizações procurem desesperadamente uma solução para a coordenação rápida e eficiente da sua inteligência com as restantes suas características e funções motoras, da mesma maneira que a ordem neurológica de um qualquer cérebro humano atravessa todo um sistema nervoso, através de uma complexidade de processos tão extraordinariamente integrados que, numa questão de fracções de segundo, se traduzem automaticamente numa acção.

Um **sistema de planeamento e controlo de produção** aparece então como o sistema nervoso de uma empresa para o seu membro essencial que é a produção. O objectivo é o mesmo – traduzir incrementalmente uma ideia abstracta em ordens específicas que, através de um conjunto de ramificações e processos, se traduzam em acções tangíveis que vão de encontro à ideia inicial, ao mesmo tempo que se avaliam as consequências dessas acções, de

forma a permitir um processo de aprendizagem que assegure que as ideias abstractas vão de encontro às limitações de toda a entidade enquanto parte de um universo maior que si própria. O problema do vigente processo de personificação das empresas é que, ao contrário dos humanos, estas não tiveram milhões de anos para desenvolverem níveis de coordenação mente-corpo-mente absurdos. Isso, contudo, não as impede de evoluírem nesse sentido.

Não é, por isso, de admirar que, com a emergência das tecnologias de informação, se tenham feito esforços no sentido de criar sistemas de informação que permitam um auxílio no processo de tomada de decisão a nível da produção. “O que fazer,” “quanto fazer,” e “quando fazer?” são perguntas semanticamente simples mas, em ambiente industrial, de extrema complexidade. O objectivo principal de qualquer sistema de planeamento e controlo de produção é o de responder a essas perguntas de forma satisfatória, precisando, para isso, de colocar aos gestores duas pré-questões: “Para onde pretendemos ir,” e “qual é a situação do momento?”

O facto de grande parte das indústrias apresentarem características únicas, aliado ao facto de cada empresa ter o seu próprio *modus operandi* no que diz respeito ao planeamento e controlo de produção, significa que um sistema deve ser implementado tendo em consideração o ambiente em que irá ser utilizado. A indústria de mosaicos cerâmicos, em particular, é notória por ser vítima da **falta de homogeneidade no produto (FHP)**, que dificulta o planeamento ao acrescentar uma forma de incerteza na oferta que se traduz na necessidade de produzir mais do que o necessário como garantia da satisfação das encomendas dos clientes com quantidades homogéneas de produto. Isto leva a que a maioria das empresas do sector abdique de utilizar um sistema de planeamento e controlo de produção formal, procedendo, por vez, a técnicas rudimentares que resultam em eternamente crescentes quantidades de inventário, provocando um constante problema de escoamento de materiais.

Foi neste âmbito que foi pedido ao autor do presente documento que conceptualizasse um sistema de planeamento e controlo de produção baseado em MRP para uma empresa do sector. O autor revelou-se inicialmente reticente sobre a razoabilidade desta tarefa. Afinal, literatura sobre sistemas de planeamento e controlo de produção nas indústrias cerâmicas é praticamente inexistente, talvez porque os gigantes do sector são as empresas mais tradicionais que continuam a preferir a “flexibilidade” de um planeamento

informal que lhes permita lidar com a FHP de uma forma reactiva (Tortajada *et al.*, 2006). Contudo, ao especular que este paradigma parece estar prestes a mudar, pela adopção de sistemas formais, mesmo que de forma contingente, por parte de algumas PME's espanholas maduras (Albors *et al.*, 2006), começou então a ver esta proposta como um desafio interessante.

## 1.2. Metodologia

Inicialmente, tinha parecido ao autor ser necessário implementar o sistema MRP como um módulo complementar ao ERP existente na empresa e, por isso, gastou algum tempo a ambientar-se com esse sistema, tanto por curiosidade como por necessidade relativa ao seu trabalho no dia-a-dia. Contudo, quando se apercebeu que existiam algumas incompatibilidades nos dados fornecidos pelo ERP com aqueles que um sistema MRP idealmente requeria, viu a necessidade de abranger ainda mais o foco do relatório, de maneira a cobrir toda a informação que um sistema MRP requer.

Também algum tempo foi consumido numa tentativa de resolver o problema da **FHP** através de uma abordagem tecnológica. O autor acredita ainda que se fosse, de alguma maneira, possível conjugar os lotes iguais pertencentes a produções de datas diferentes, isto teria um impacto positivo em todo o sistema produtivo, além de permitir imediatamente outras vantagens como a redução de *stocks* e aumento do nível de serviço. Um pequeno resumo do trabalho de investigação desenvolvido neste sentido foi relegado para anexo.

Foi feita uma extensa revisão bibliográfica sobre os conceitos de planeamento e controlo de produção, MRP, MRPII, falta de homogeneidade no produto, e sistemas de informação, ao mesmo tempo que se levantaram os requisitos específicos da Revigrés para um sistema de planeamento e controlo de produção, através do contacto diário com os departamentos de logística, vendas e de produção e de reuniões e inquéritos a outros departamentos interessados. De resto, foi seguido o método de **ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas**, apresentado no enquadramento teórico como base à implementação de qualquer sistema de informação.

### 1.3. Estrutura

O presente relatório está dividido em quatro distintos capítulos, incluindo esta introdução.

O 2º capítulo diz respeito à revisão da literatura e divide-se em seis secções relativas, respectivamente, a: sistemas de informação, evolução do planeamento e controlo de produção, sistemas de planeamento e controlo de produção, *Manufacturing Resource Planning*, flexibilidade de um sistema baseado em MRP, e falta de homogeneidade no produto. O autor tentou ter em atenção a passagem do geral para o específico.

O 3º capítulo diz respeito ao projecto de estágio e abrange seis sobre: enquadramento com o sector cerâmico, enquadramento com a história da empresa, análise ao statu quo da produção, conceptualização do sistema, flexibilidade do sistema, e implicações para a gestão da aplicação do sistema.

No 4º capítulo apresentam-se e discutem-se as conclusões e sugestões de trabalho futuro, bem como algumas limitações; seguem-se a bibliografia e três anexos.



## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1. Sistemas de informação

Um sistema de informação é definido por Bocije *et al.* (2008) como sendo um meio baseado nas TI<sup>1</sup> pelo qual uma organização reúne, processa, guarda, usa e distribui informação. No âmbito empresarial, é um sistema que disponibiliza informação necessária à actividade dos gestores para o cumprimento dos objectivos da empresa. Hoje em dia, é geralmente reconhecido que os sistemas de informação são essenciais aos gestores face a quatro forças de mudança globais que, nas últimas décadas, vieram para sempre alterar o ambiente de negócio (Laudon *et al.*, 2006):

- O fenómeno da **globalização**, para o bem ou para o mal, que estabeleceu que o sucesso das empresas no futuro depende da sua capacidade de operar a nível global;
- A **transformação das economias industriais**, que provocará uma evolução para economias baseadas em informação nos países mais desenvolvidos enquanto se dá uma migração da produção para os países com baixos custos de mão-de-obra;
- A **mudança do ambiente empresarial**, que resultará em empresas menos hierarquizadas, mais descentralizadas, que apostem em gestores generalistas que se apoiem em informação fidedigna para tomar decisões de modo a manter uma flexibilidade que permita a entrega de produtos e/ou serviços customizados em massa adequados a mercados ou consumidores específicos;
- A **emergência da empresa digital** como aquela que vê as TI não só como um apoio interessante, mas sim como o núcleo de todo o seu negócio, na medida em que tenta gerir e mediar as suas relações com os clientes, fornecedores e colaboradores de forma digital, que demonstra claras vantagens na rapidez de reacção à mudança relativamente às empresas tradicionais, possuindo uma maior flexibilidade para sobreviver a estes tempos turbulentos.

---

<sup>1</sup> O conceito de Tecnologias de Informação baseia-se na aplicação de computadores e equipamentos de telecomunicação na armazenagem, devolução, transmissão e manipulação de dados.

### 2.1.1. IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO

Ao processo de implementação de um sistema de informação também se pode dar o nome de **ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas (CVDS)**, porque as actividades a si associadas são contínuas e iterativas (Stair & Reynolds, 2007). Uma característica crítica a ter em consideração durante um ciclo é que quanto mais tarde um erro for detectado, mais dispendioso será corrigi-lo. Isto acontece por duas razões:

- Se o erro for encontrado numa fase tardia do CVDS, todas as fases anteriores deverão ser retrabalhadas até certa extensão;
- Quanto mais tardiamente for encontrado o erro, mais utilizadores irão ser afectados pela sua correcção, tendo que passar por um período de readaptação que se traduz em perdas de produtividade.

Apesar de poderem variar de empresa para empresa, existem cinco passos que são comuns, mesmo que não formalizados, a qualquer implementação, como indicado na figura ao lado. Durante a fase de **investigação**, os problemas e/ou oportunidades são identificados e considerados à luz dos objectivos estratégicos da empresa. Já a fase de **análise de requisitos** envolve o estudo de sistemas e processos de trabalho existentes de forma a identificar as forças, fraquezas e oportunidades de melhoria. A fase de **desenho** define de que maneira o sistema se vai tornar numa solução para o problema. A fase de **implementação** envolve uma decisão fazer-ou-comprar sobre a aquisição dos componentes necessários à operacionalização do sistema, além da formação dos utilizadores. Por último, a fase de **revisão e manutenção** assegura que o sistema opera como pretendido e modifica o sistema de modo a que

este continue a seguir a estratégia da empresa. A informação recolhida em qualquer das fases pode significar que se tenha de recuar para fases anteriores (Stair & Reynolds, 2007).

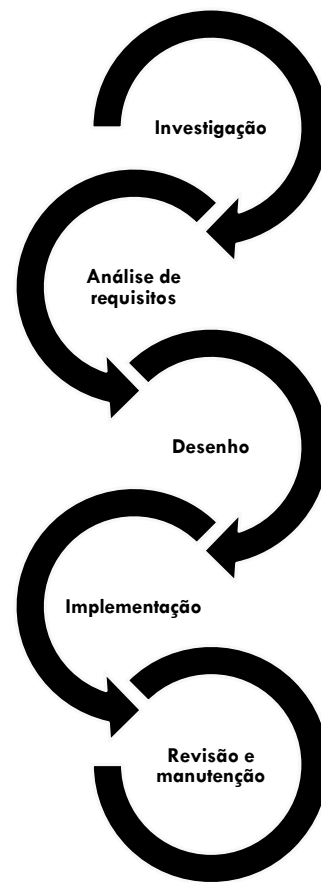


Figura 1 - Ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas. Adaptado de Stair & Reynolds (2007)

## 2.2. Enquadramento histórico do planeamento e controlo de produção

Técnicas de planeamento e controlo de produção rudimentares existem desde a revolução industrial (Skinner, 1984). A técnica que é, nos dias de hoje, conhecida como *ponto de reaprovisionamento* dominou a indústria até a utilização dos computadores nos anos 60 do século passado ter permitido a introdução da técnica de planeamento das necessidades de materiais, ou **material requirements planning (MRP)**, cuja proliferação nos anos seguintes em muito se deveu à famosa obra de Orlicky (1975). Como o próprio nome infere, esta técnica consiste na criação das condições que levem a que os materiais necessários para o fabrico

e/ou montagem de produtos intermédios, módulos, opções ou produtos finais, existam em quantidade, qualidade e no momento apropriado de forma a garantir o cumprimento dos prazos de entrega prometidos aos clientes. Para isso, utiliza as estruturas dos produtos, ou **bill of materials (BOM)**, os **registos do estado do inventário**, e um plano director de produção, ou **master production schedule (MPS)**(Toomey, 1996).

Apesar do entusiasmo que gerou, foram reconhecidas rapidamente algumas lacunas ao MRP, nomeadamente a sua inabilidade em considerar a **capacidade produtiva** da empresa, e a utilização de *lead-times* estáticos. O sistema de planeamento de recursos da produção, ou **manufacturing resource planning (MRPII)**, desenvolvido por Oliver Wight, aparece como uma evolução formal do MRP de ciclo fechado (que já considerava a capacidade através do *capacity requirements planning*), focando-se num planeamento hierárquico, tentando integrar o plano de negócio da empresa nos planos de produção, e na introdução de novas funcionalidades, de entre as quais a gestão da capacidade (Carlos & Pires, 2004).

Durante os anos 80, alguns autores começaram a questionar o MRP. As críticas apontavam sobretudo às suas considerações estáticas de capacidade e ao seu funcionamento pesado. Entretanto, adaptou-se, do Japão, um conceito designado por **just-in-time (JIT)** que rapidamente ganhou muitos adeptos. Esta filosofia assenta na técnica de *kanban*<sup>2</sup>, o que torna o JIT numa abordagem *pull* (o MRP, pelo contrário, é “infame” por ser *push*). O JIT aparece por vezes classificado como uma técnica ou mesmo sistema de produção e outras como uma filosofia de operação. Courtois *et al.* (1997) define o JIT como sendo “uma filosofia global de produção suportada em técnicas e métodos particulares.”

Paralelamente ao JIT, e de classificação igualmente ambígua, outra técnica designada por Tecnologia de Produção Optimizada, ou **Optimized Production Technology (OPT)**, desenvolvida em Israel por E.M. Goldratt, surgiu como resposta às fraquezas do MRPII, baseando-se numa lógica de capacidade finita, com ênfase na gestão dos *gargalos*<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Uma técnica de ponto de reaprovisionamento manual que consiste num “cartão” que assinala que um determinado centro de trabalho pretende mais um contentor ou lote de componentes do centro de trabalho seu fornecedor (Ptak e Smith, 2011).

<sup>3</sup> Um gargalo é um recurso de produção cuja capacidade não permita responder às necessidades do mercado e que, por isso, afecta o *output* total do sistema. (Courtois *et al.*, 1997).

através de um conceito designado por teoria das restrições, ou **theory of constraints (TOC)**. Pela lógica da OPT, é necessário procurar equilibrar os fluxos de produção, e não as capacidades (Courtois *et al.*, 1997).

Apesar de estas técnicas aparecerem inicialmente como mutualmente exclusivas, a verdade é que se tem procurado cada vez mais o desenvolvimento de sistemas híbridos (ver, por exemplo, Louis (2005) ou Petty *et al.* (2000)). De facto, apesar de bastantes defensores do *lean manufacturing* evitarem o MRP devido à sua lógica *push* num mercado global cada vez mais conduzido pela procura (onde uma lógica *pull* faz mais sentido para evitar os temidos *muda*<sup>4</sup>), a verdade é que acabam por tornar toda a abordagem produtiva numa simples reacção a essa procura. Ptak e Smith (2011) argumentam mesmo que a sobresimplificação que para muitos uma abordagem *lean* representa pode ser tão prejudicial para uma organização como a complexidade em demasia do MRP já o foi.

Antunes *et al.* (1989) apresenta um framework da sinergia entre os sistemas consoante o ambiente de produção:

Tabela 1 - Sinergia entre sistemas/filosofias de produção. Fonte: Antunes *et al.* (1989)

	Sem restrições de capacidade	Com restrições de capacidade
Job shop (MTO)	MRP II	OPT + MRP II
Produção por lotes (CTO)	JIT+MRP II	OPT+JIT+MRP II
Flow shop (MTS)	JIT	JIT

Comercialmente, os fornecedores de *software* começaram, durante os anos 90, a apresentar pacotes baseados em MRP II sob a designação de Planeamento dos Recursos da Empresa, ou **Enterprise Resource Planning (ERP)**. Estes sistemas não mudam fundamentalmente coisa alguma no planeamento e controlo de produção, sendo antes caracterizados pela sua abrangência a outras áreas da empresa, permitindo uma gestão de todos os intervenientes na cadeia de abastecimento (Filinovich, 2011).

---

<sup>4</sup> *Muda* é um termo japonês que significa “desperdício” e que é um conceito chave no Toyota Production System que, por sua vez, foi o principal precursor do *lean manufacturing*.

Também durante os anos 90, sistemas de planeamento avançado de produção, ou **advanced planning and scheduling (APS) systems**, foram introduzidos no mercado, aproveitando a abrangência que os sistemas ERP tinham providenciado para integrar a gestão da procura com o planeamento da produção, controlo, distribuição e transporte de produtos, utilizando para isso algoritmos matemáticos avançados que faziam simulações ou optimizações sobre o planeamento de capacidade finita, *sourcing*, planeamento de capital, planeamento de recursos, previsão, gestão da procura, entre outros (Blackstone, 2008). Contudo, a sua complexidade pareceu não permitir, na prática, que se cumprissem os objectivos ambiciosos que prometiam (Ptak & Smith, 2011).

### 2.3. Sistemas de planeamento e controlo de produção

Um **sistema de planeamento e controlo de produção** pode ser identificado como sendo um sistema de informação que “providencia informação para a eficiente gestão do fluxo de materiais, eficaz utilização da mão-de-obra e equipamentos, coordenação das actividades internas com aquelas dos fornecedores, e intercomunicação com os consumidores acerca dos requisitos do mercado” (Vollmann *et al.*, 1997). Um sistema destes deve, basicamente, providenciar soluções óptimas ao problema de planeamento e controlo da produção (Starbek & Grum, 2000).

O planeamento e controlo da produção preocupam-se com a reconciliação entre aquilo que o mercado requer e o que os recursos operativos podem fornecer. As actividades de planeamento e controlo providenciam os sistemas, procedimentos e decisões que juntam os diferentes aspectos da oferta e da procura. O propósito é sempre o mesmo – criar uma ligação entre a oferta e a procura que assegure o processamento efectivo e eficiente das operações, de maneira a que estas resultem nos produtos e serviços desejados pelos clientes (Vollmann *et al.*, 1997).

A divisão entre planeamento e controlo nem sempre é clara. Contudo, existem alguns princípios gerais que ajudam a distinguir entre os dois.

O **planeamento da produção** é uma formalização daquilo que se prevê que aconteça no futuro. É um processo que desenvolve planos táticos e operacionais, baseados no estado geral da produção, dos *stocks* e de outras relevâncias, de maneira a satisfazer,

da melhor maneira, os níveis de procura planeados (encomendas reais e/ou previsões) enquanto tenta ir de encontro aos objectivos gerais do negócio, como são os de lucratividade, produtividade, *lead times* competitivos, etc. Já o **controlo da produção** é a função que direcciona, ou regula, o movimento de bens através de todo o ciclo de produção, desde a requisição de matéria-prima à expedição do produto final (Blackstone, 2008). Basicamente, o planeamento olha para o futuro e para os objectivos mais abstractos da empresa, enquanto o controlo se dedica ao presente e aos objectivos mais concretos gerados pelo planeamento. O controlo preocupa-se, também, em avaliar a variação da situação real da produção com a planeada, de maneira a que medidas que assegurem que essa variação seja mínima possam ser tomadas.

É comum na literatura encontrar uma decomposição da hierarquia do planeamento em três níveis: o estratégico, o tático e o operacional:

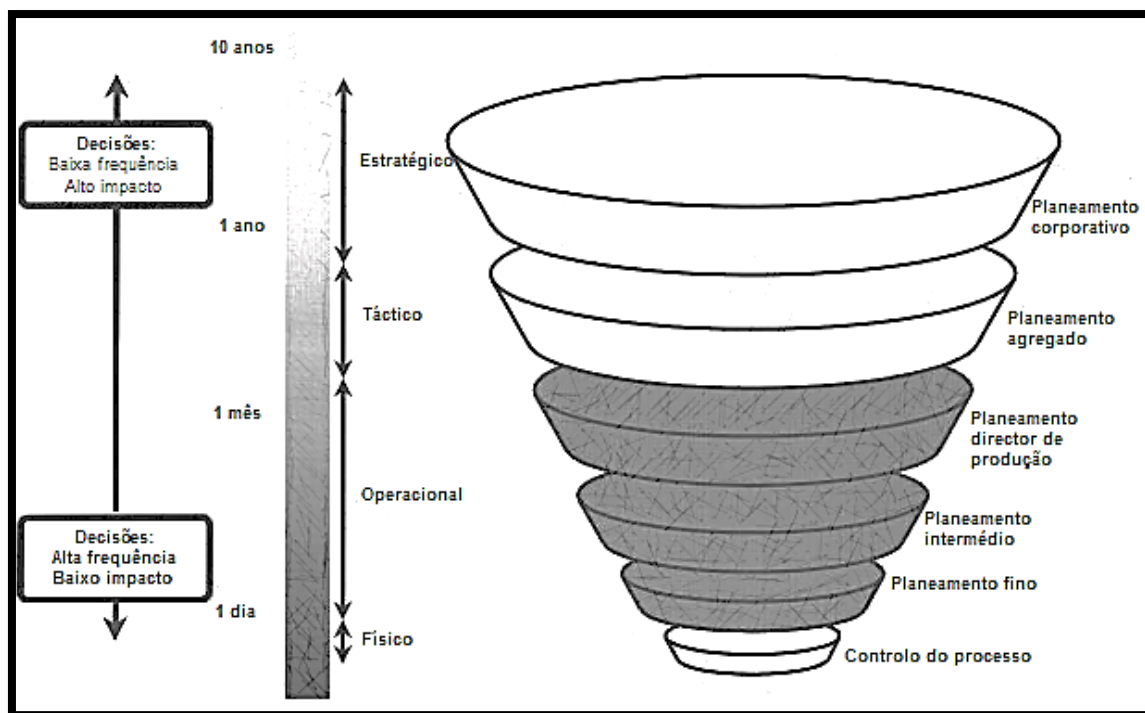


Figura 2 - Hierarquia do planeamento e controlo de produção. Fonte: Harrison & Petty (2002).

Tanto Dilworth (1993) como Ptak & Smith (2011) apresentam uma estrutura hierárquica de planeamento de produção semelhante, mas bifurcando ainda o planeamento corporativo em **planeamento estratégico** e **planeamento de negócio**. Essa bifurcação será a considerada no restante documento.

## 2.4. Manufacturing resource planning

O MRPII é um método para o planeamento eficaz de todos os recursos envolvidos numa fábrica. Idealmente, apresentará ainda a habilidade de proceder a simulações, de forma a responder a perguntas do tipo “e se?”. É composto por uma variedade de processos interligados: o planeamento de negócio, o planeamento agregado (ou *sales and operations planning*), o planeamento director de produção, *material requirements planning*, *capacity requirements planning (CRP)*, e um sistema de controlo das actividades de produção, Fig.3. O seu *output* deve estar integrado com os relatórios financeiros como o do plano de negócio, relatórios de compras, orçamentos de distribuição, e projecções de inventário em unidade monetária, de maneira a permitir um *feedback* aos gestores que operem no topo (Blackstone, 2008).

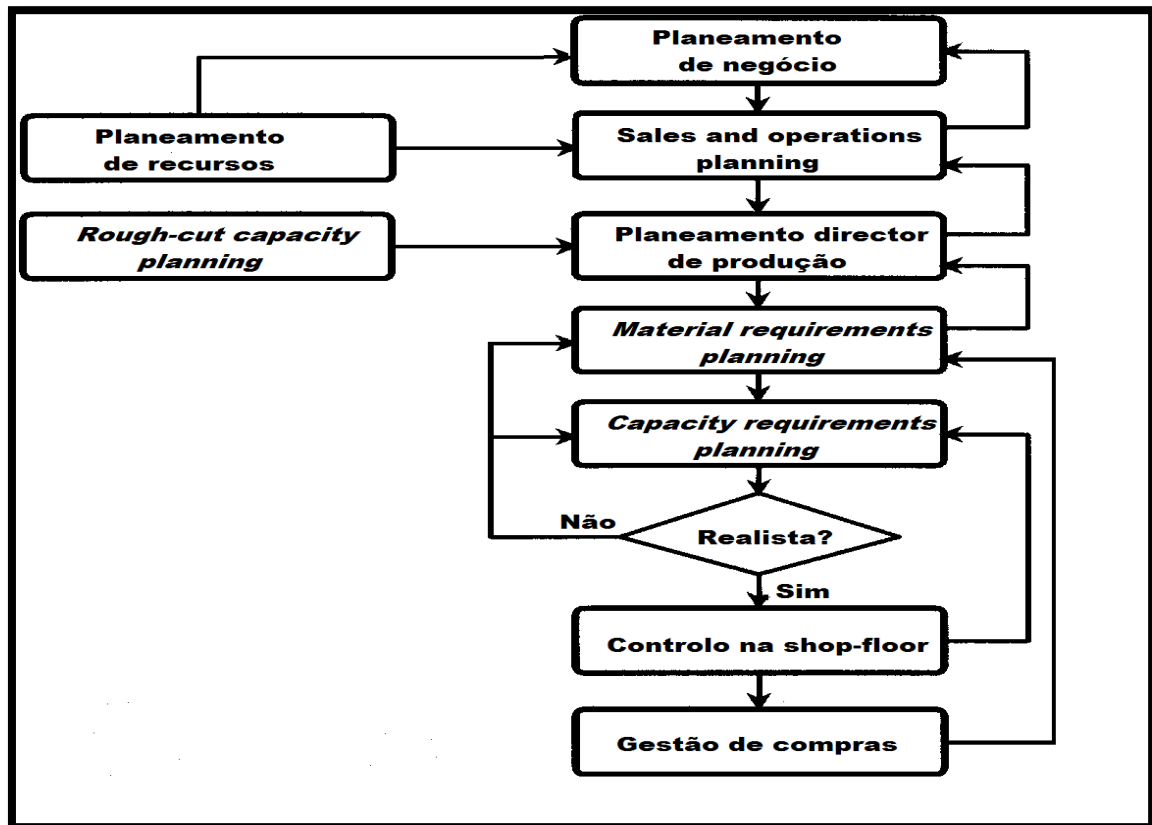


Figura 3 - A abordagem MRPII. Adaptado de Harrison & Petty (2002), Vollman *et al.* (1997) e Pinto (2006).

O princípio fundamental que deve servir de guia para a aplicabilidade de qualquer sistema MRP é a natureza da procura. A procura para um certo artigo é dita **independente** quando não está relacionada com a procura para outros artigos – ou seja, quando não é uma função da procura para outro qualquer produto, e só pode ser, por isso, prevista. A



procura **dependente**, por outro lado, é aquela que está directamente relacionada com a procura de outro produto. Esta dependência pode ser *vertical*, quando esse produto é necessário para a montagem do artigo final, ou *horizontal*, quando esse produto complementa o final, não influenciando, no entanto, a sua montagem (paletes e caixas, por exemplo). Esta procura pode e deve ser calculada de forma precisa através das necessidades produtivas a jusante (Orlicky, 1975).

Num ambiente industrial, um dado artigo pode estar sujeito a uma procura independente, a uma procura dependente, ou a um misto de ambas. Os únicos artigos que devem estar sujeitos a uma procura exclusivamente independente são os  **finais** – os componentes intermédios vão todos ser sujeitos a alguma forma de procura dependente. O caso da procura **mista** verifica-se quando um determinado artigo serve de componente a um artigo final, mas é também um produto disponibilizado pela empresa ao exterior.

Outra dimensão da procura a ser considerada é a sua **irregularidade**. A técnica dos pontos de reaprovisionamento, por exemplo, assume um uso uniforme, em pequenos incrementos, do tamanho de lote de reaprovisionamento. O pressuposto desta técnica, de que os níveis de inventário são consumidos de forma linear com o tempo, acaba por tornar a técnica pouco realista. Num ambiente produtivo, o uso de inventário é tudo menos uniforme. O consumo de *stock* tende a ocorrer em quantidades discretas, devido ao dimensionamento de lote para as seguintes fases de produção. Quando uma encomenda é colocada para o fabrico de uma certa quantidade de um artigo final, é necessário consumir uma quantidade correspondente do *stock* do componente respectivo. Isto irá descer os níveis de inventário do componente subitamente. Se este consumo colocar o componente abaixo do chamado *nível de reaprovisionamento*, o sistema irá colocar uma encomenda ainda maior de subcomponentes para poder repor os níveis satisfatórios de *stock* do componente. Se os níveis de subcomponentes caem abaixo do seu nível de reaprovisionamento, é necessário fazer uma encomenda ainda maior, etc. O ponto de reaprovisionamento coloca uma grande imprevisibilidade na procura dependente a montante (Orlicky, 1975).

O seguinte exemplo, Fig. 4, talvez demonstre melhor este problema: mesmo considerando uma procura independente constante e previsível para 4 artigos finais, o impacto no subcomponente de maior nível traduz-se como sendo extremamente irregular.

Semana	Artigo final A					Artigo final B					Artigo final C					Artigo final D				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Procura	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	3	3	3	3	3	7	7	7	7	7
Produção	5					15		15			10			10		25				25
Stock	4	3	2	1	0	9	3	12	6	0	7	4	1	8	5	18	11	4	22	15

Semana	Componente X					Componente Y				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Procura	20	0	15	0	0	35	0	0	35	0
Produção	25	0	25	0	0	50	0	0	50	0
Stock	5	5	15	15	15	15	15	15	30	30

Semana	Subcomponente				
	1	2	3	4	5
Procura	75	0	25	50	0

Figura 4 - Exemplo da irregularidade da procura dependente. Adaptado de Orlicky (1975)

A abordagem através do MRP baseia-se no contornar desta incerteza da procura a montante, através de cálculos para as procuras dependentes, evitando o problema da irregularidade descrito acima. As suas técnicas são desenvolvidas para lidar com procura dependente, descontínua e irregular, característica dos ambientes produtivos. O MRP, contudo, planeia “para trás” e, por isso, a gestão da procura independente revela-se crítica – de facto, pode-se dizer que é o *input* condutor de todo o sistema.

#### 2.4.1. GESTÃO DA PROCURA

A gestão da procura engloba a sua **previsão**, a entrada de novas encomendas, o **processo de promessa de prazos** aos clientes, a acomodação da procura dependente com a independente, etc. Na sua essência, a gestão da procura coordena todas as actividades do

negócio que coloquem cargas na capacidade produtiva (Vollmann *et al.*, 1997). Já para Blackstone (2008), é a função que reconhece todas as procuras para bens, ou serviços, oferecidos ao mercado e que envolve uma priorização dessas procuras quando a oferta, sob forma de capacidade, se revela insuficiente. Deve considerar relevâncias na estratégia da gestão de topo, indicadas a nível da gestão da produção. Por exemplo, se a gestão de topo pretender alterar a política de distribuição, achar que certos clientes têm prioridade no *timing* de entrega da encomenda, pretender promover certos produtos em relação a outros, etc., isto deve ser comunicado aos envolvidos no processo produtivo, para que o considerem devidamente na apreciação da procura futura. Ao sincronizar a situação do mercado com o planeamento da produção, a gestão da procura deve considerar a complexidade da informação, tomando em conta a esporadicidade de certas fontes, tais como requisitos de garantia de qualidade, necessidades internas, produtos para exibição, doações, etc.



Figura 5 - Características e objetivos da gestão da procura. Adaptado de Courtois *et al.* (1997) e Vollman *et al.* (1997)

A **previsão da procura** é uma parte bastante importante da gestão da procura. Antes de poder prever a procura, o problema inicial com que um analista terá que lidar é o de conferir se os seus dados são suficientes para permitir uma previsão quantitativa, em prol de uma qualitativa. A previsão por métodos quantitativos subdivide-se ainda nas técnicas que

usam as **séries temporais**, como a média móvel, ajustes exponenciais e *Box-Jenkins*, e naquelas que usam **modelos causais**, como as regressões múltiplas e algumas técnicas econométricas (Schmenner, 1993). Para os métodos qualitativos, uma das técnicas mais populares – a técnica de *Delphi* – consiste em interrogar especialistas individualmente acerca de um determinado assunto, recolher todas as respostas e enviá-las novamente aos especialistas que podem, então, modificar e completar a resposta inicial (Courtois *et al.*, 1997).

De acentuar que as previsões acerca de um produto que se encontre no início do seu ciclo de vida tenderão a ser analisadas qualitativamente e que, à medida que este vai amadurecendo e retribuindo dados sobre a sua prestação no mercado, pode começar a ser analisado quantitativamente.

O autor pretendia, inicialmente, dedicar uma maior atenção à previsão da procura, nomeadamente no que diz respeito aos métodos quantitativos, mas acabou por abandonar a ideia quando descobriu o trabalho de Spyros Makridakis (S. Makridakis & Winkler, 1983; S. Makridakis *et al.*, 1982; Spyros Makridakis & Hibon, 2000) que conclui repetidamente que, para séries temporais, na prática, modelos simples de previsão ultrapassam procedimentos mais complexos no que diz respeito a previsões a curto prazo.

A previsão a partir de séries temporais assume que a série temporal é uma combinação de um padrão e de algum erro aleatório. O objectivo é o de separar o padrão desse erro, distinguindo a **tendência** – o aumento ou diminuição dos valores a médio e longo prazo – e a  **sazonalidade** – as oscilações que se repetem a cada x número de períodos (Kalekar, 2004). Existem vários métodos de previsão por séries temporais, como a média móvel, regressão linear, ajuste exponencial simples, duplo, e triplo, etc., mas nem todos os métodos consideram os padrões descritos acima.

#### 2.4.2. GESTÃO DA OFERTA

De pouco serve uma boa gestão da procura se não for alinhada com a capacidade de oferta da empresa. Existem, essencialmente, duas maneiras de gerir a oferta: variando os níveis de inventário e/ou variando a **capacidade produtiva** utilizada. O objectivo é o de maximizar os lucros que, no âmbito da produção, dizem respeito à diferença entre as receitas geradas pelas vendas e dos custos totais associados aos materiais, capacidade e inventário.

As empresas tendem a adoptar uma combinação das duas para gerir a sua oferta (Chopra & Meindl, 2007).

Uma certa acumulação de inventário é muitas vezes necessária para lidar com a imprevisibilidade da procura. Contudo, esta tende a ser excessiva. De acordo com Ballou (2004), é mais fácil para os gestores defenderem-se do criticismo por manterem níveis de inventário elevados do que por apresentar rupturas. Afinal, a maior parte dos custos de manutenção e retenção de inventário são custos de oportunidade que não aparecem nos relatórios da contabilidade. Existem três principais críticas às políticas de retenção de níveis de inventário excessivo:

- Os *stocks* absorvem capital que poderia ser utilizado de forma mais vantajosa, como para melhorias de produtividade e competitividade. Além disso, nunca existem garantias que esta armazenagem de valor se traduza eventualmente em riqueza para a empresa;
- Os *stocks* podem servir como uma máscara para problemas de qualidade que deveriam, de outra maneira, ser corrigidos ou contornados;
- O uso de *stocks* promove uma atitude mais isolada na gestão da cadeia de valor da empresa na sua íntegra. O isolamento das várias fases leva a uma falta de aproveitamento das oportunidades que surgiriam de decisões mais integradas.

A **capacidade produtiva** dos recursos da empresa consiste na habilidade de um trabalhador, máquina, centro de trabalho, unidade fabril, ou organização produzir *output* por período de tempo. A gestão de capacidade consiste no estabelecimento, medição, monitorização e ajuste dos limites e níveis da capacidade, de maneira a que haja uma segurança acerca do realismo dos planos. É feita, tipicamente, a quatro níveis: o **planeamento de recursos** a nível do planeamento de negócio; o planeamento geral de capacidade, ou ***rough-cut capacity planning (RCCP)***, feito ao nível do plano director de produção; o planeamento de requisitos de capacidade, ou ***capacity requirements planning (CRP)***, feito aquando o cálculo MRP e relativamente a cada centro de trabalho; e o **controlo *input-output***, feito ao nível do controlo das actividades de produção (Blackstone, 2008).

### 2.4.3. PLANEAMENTO ESTRATÉGICO

Qualquer empresa pretende possuir algum domínio sobre o seu destino. Para isso, não basta ajustar a sua oferta com a procura do mercado – há que ter metas definidas, objectivos concretos e modos de actuação traçados para permitir uma influência sobre a evolução do negócio. Um certo nível de planeamento é essencial para traduzir essas ambições em acções concretas. No âmbito do *MRPII*, esse planeamento vem hierarquizado, começando pelo planeamento estratégico e de negócio e sendo detalhado iterativamente até ao planeamento fino.

O planeamento estratégico é o processo pelo qual se determinam as acções que suportem a missão, metas e objectivos da organização (Blackstone, 2008). Consiste na consideração da situação e missão actuais da empresa e no estabelecimento de um guia para os resultados e decisões do futuro (Adam Jr & Ebert, 1992). Realizado a nível da gestão de topo, com a mais baixa frequência periódica de todos os planeamentos considerados (ou em situações de emergência), o seu impacto no desempenho das funções da organização é ainda, nos dias de hoje, objecto de debate (Rudd *et al.*, 2008).

A estratégia serve, contudo, de direcção geral a todas as funções da empresa. De interesse ao presente documento, o seu impacto na **produção** é sumarizado por Dilworth (1993) num conjunto de factores importantes:

- O número, tipo, tamanho e localização das unidades de produção;
- O tipo de equipamento que irá ser utilizado (focado e específico (*flow shop*), ou de propósito geral e flexível (*job shop*), automatizado ou manual);
- Decisões fazer-ou-comprar;
- A estrutura organizacional que irá ser usada para alcançar e coordenar todos os esforços necessários;
- A selecção de mão-de-obra, política de segurança no trabalho, métodos de compensação, e estilo de gestão;
- Os sistemas de informação que serão utilizados para reunir, analisar, e distribuir informação sobre a produção, compras, inventário, qualidade, pessoal, etc.;
- Política de planeamento de produção, agendamento e sistemas de controlo e inventário;

- Os métodos de melhoria e de controlo de qualidade que irão ser usados.

O planeamento estratégico dita a orientação ao mais detalhado **planeamento de negócio**.

#### 2.4.4. PLANEAMENTO DE NEGÓCIO

Nos últimos anos associado ao documento preparado por um empreendedor para estruturar um novo negócio, o plano de negócio revela-se igualmente importante para a gestão do negócio de empresas maduras, nomeadamente na optimização do crescimento e desenvolvimento, de acordo com certas prioridades que devem ser estabelecidas (IAPMEI, n.d.).

Adam Jr. e Ebert (1992) definem um plano de negócio como sendo uma intenção formalizada dos níveis de actividade gerais da empresa para os próximos 6 a 18 meses, normalmente explícitos em termos de volume, em unidades monetárias, de vendas para cada família de produtos.

Já Blackstone (2008) define um plano de negócio como sendo uma declaração da estratégia a longo prazo e das receitas, custos, e objectivos de lucro, normalmente acompanhado por orçamentos, balanços projectados, e uma avaliação dos fluxos de capital. Segundo o mesmo autor, o plano de negócio serve ainda como base ao **planeamento agregado**.

O seu impacto na **produção** está intimamente ligado ao **planeamento de recursos**<sup>5</sup> e à variação dos consequentes **limites da capacidade de produção**. Orçamentos para eventuais novas unidades, expansões, e compra de equipamentos caros (ou o contrário, a venda de equipamentos e de unidades) devem ser considerados no planeamento de negócios pois implicam investimentos (ou cortes) que afectarão todos os *stakeholders* da empresa, além

---

<sup>5</sup> O planeamento de recursos é o planeamento de capacidade quando conduzido ao nível do plano de negócios. É o processo no qual se estabelecem, medem e modificam os níveis máximos de capacidade a longo prazo (J.H. Blackstone, 2008). Diz respeito aos recursos caros cujo tempo de aquisição é demasiado alto para permitir serem englobados no conjunto de possíveis decisões que permitem alguma flexibilidade no planeamento agregado e MPS. Exemplos: equipamentos, unidades fabris, etc.

de terem um tipicamente alto *lead-time* de instalação, o que dificulta a previsão do impacto de tais decisões (Dilworth, 1993).

Os termos **planeamento estratégico** e **planeamento de negócio** são algo ambíguos no dia-a-dia, mas é importante reforçar que não são a mesma coisa. Se o planeamento estratégico se dedica a responder à pergunta de *onde* a empresa se pretende situar, o planeamento de negócio preocupa-se com o *como*.

#### 2.4.5. PLANEAMENTO AGREGADO

O planeamento agregado é o processo pelo qual se desenvolvem planos táticos que suportem o plano de negócio da organização. O planeamento agregado inclui o desenvolvimento, análise, e manutenção de planos para as vendas totais, produção total, inventário previsto, e *backlog* previsto por agregação de produtos. Existem duas abordagens ao planeamento agregado: o **planeamento de produção** e o planeamento comercial e industrial, ou ***sales and operations planning (S&OP)*** (Blackstone, 2008). De facto, o termo *planeamento de produção* tornou-se algo antiquado, pois o processo de planeamento agregado afecta outras actividades críticas da empresa que não a produção.

O planeamento agregado estabelece os objectivos básicos a serem trabalhados pelas funções mais importantes, tentando achar os *trade-offs* que resultem naquilo que é melhor para a empresa – incluindo os objectivos do marketing/vendas, da produção, de logística e financeiros (Vollmann *et al.*, 1997), permitindo uma utilização eficiente dos recursos da empresa, para que se satisfaça a procura prevista da melhor maneira possível em relação à capacidade disponível (Pan & Kleiner, 1995).

De maneira mais concreta, Dilworth (1993) afirma que o planeamento agregado é o processo em que se agregam todos os requisitos para a capacidade produtiva, para cada período do horizonte intermédio e onde se determina a melhor maneira de providenciar a capacidade exigida. O planeamento agregado apresenta algumas características que permitem o seu enquadramento (Pan & Kleiner, 1995):

- Um horizonte de planeamento de 3 a 18 meses, sendo o plano actualizado periodicamente (mensalmente, na situação típica);



- Um nível agregado de procura que consiste em uma ou mais colecções/famílias de produto – é assumido que a procura é flutuante, incerta e sazonal;
- A possibilidade de afectar tanto a oferta como a procura;
- Um conjunto de objectivos da gestão que podem incluir baixos níveis de inventário, bom ambiente com os colaboradores, custos baixos, flexibilidade para alcançar níveis de *output* futuros e nível de serviço adequado;
- A consideração das unidades fabris e equipamentos como fixos, e não expansíveis, o que se traduz em determinados limites de capacidade fixos.

Apesar de existirem, na literatura, algumas técnicas de desenvolvimento do plano agregado que prometem melhores resultados, na prática este planeamento baseia-se, regularmente, em metodologias informais (Buxey, 1995). De facto, mesmo existindo desde técnicas baseadas em programação linear (Graves, 1999), a heurísticas que tentam imitar o processo de tomada de decisão do gestor, a procedimentos de simulação iterativa (Pan & Kleiner, 1995), a verdade é que grandes pressupostos, por vezes irrealistas, têm de ser estabelecidos nesses métodos, pelo que a simplicidade dos métodos gráficos e tentativa-e-erro continua a apelar a grande parte dos gestores (Render & Heizer, 2001).

De qualquer maneira, qualquer uma destas técnicas tenta responder ao seguinte problema: dado um conjunto de previsões de procura, determinar os níveis de produção, inventário e mão-de-obra que minimizem os custos sujeitos a um conjunto de condições apropriadas (Pan & Kleiner, 1995). O objectivo é o de obter um **plano de produção**, que nada mais é do que um plano concordado entre as partes relevantes que especifique o nível geral de *output* produtivo que se pretende realizar, normalmente por mês e por família de produto (Blackstone, 2008).

As possíveis **estratégias** do planeamento agregado podem ser simplificadas em dois extremos, consoante as decisões relativas à capacidade e à procura (Render & Heizer, 2001):

- Uma **estratégia de perseguição** tenta alcançar níveis de *output* produtivo que vão de encontro à procura (real ou prevista). Por exemplo, o gestor pode variar a quantidade de mão-de-obra ao contratar, ou despedir,

colaboradores, e pode variar a capacidade de produção com horas-extra, tempo de inactividade, trabalhadores em *part-time* ou subcontratação;

- Uma **estratégia de nivelamento** tenta manter um *output* produtivo constante de período para período, deixando o inventário actuar como *buffer* à diferença entre a previsão e a procura real, o que poderá levar a melhorias na qualidade e na motivação do pessoal.

A maioria das empresas não achará ideal qualquer das estratégias acima, preferindo adoptar uma **estratégia mista**. A combinação de decisões na tabela 2 que vá melhor de encontro à procura real e ao **plano de negócios** da empresa deve ser encontrada.

Tabela 2 - Decisões inerentes à influência na capacidade e procura durante o planeamento agregado. fonte: Heizer e Render (2001)

Opção	Vantagens	Desvantagens	Comentário
<b>Variar os níveis de inventário.</b>	Não causa mudanças bruscas na produção ou mão-de-obra.	Os custos de inventário podem aumentar. Rupturas levam a procura perdida.	Não se aplica a serviços.
<b>Variar a mão-de-obra disponível através de contratações e despedimentos.</b>	Evita os custos de outras alternativas.	Os custos de contratação, despedimento e formação podem ser significativos.	Boa decisão apenas quando o tamanho do mercado de trabalho é grande.
<b>Estabelecer horas-extra ou tempo de inactividade.</b>	Vai de encontro às flutuações sazonais sem grandes custos.	Pagamento de horas-extra. Trabalhadores cansados.	Permite flexibilidade no planeamento agregado.
<b>Subcontratar</b>	Permite flexibilidade no <i>output</i> da empresa.	Perda de controlo de qualidade. Lucros reduzidos.	Pode significar a perda de negócio futuro.
<b>Usar trabalhadores em regime <i>part-time</i>.</b>	Menos custosos e mais flexíveis que trabalhadores em regime full-time.	Aumento da complexidade de planeamento. Perdas na qualidade. Custos de formação.	Boa decisão para postos simples em áreas com grandes mercados de trabalho temporário.

<b>Influenciar a procura através de promoções, publicidade, descontos, etc.</b>	Tenta usar a capacidade excessiva. Atrai novos clientes.	Incerteza na procura. Difícil corresponder a procura à capacidade.	Envolve o departamento de marketing.
<b>Backordering<sup>6</sup></b>	Mantém a capacidade constante.	O cliente deve estar disponível a esperar.	Implica que haja uma gestão do <i>backlog</i> <sup>7</sup> .
<b>Oferecer um portfolio de produtos/serviços sazonal</b>	Permite mão-de-obra estável. Permite a maximização da capacidade.	Pode requerer equipamento ou <i>know-how</i> fora da abrangência da empresa.	É arriscado fazer produtos/serviços com padrões de procura opostos (se é que estes existem).

#### 2.4.5.1. Sales and Operations Planning

O **planeamento de vendas e operações (S&OP)** é um processo de gestão de negócio integrado desenvolvido nos anos 80 por Oliver Wight (Sheldon, 2006) através do qual uma equipa multidepartamental se esforça por alcançar um foco, alinhamento e sincronização entre todas as funções da empresa. Para Blackstone (2008), o S&OP é um processo que permite o desenvolvimento de planos táticos que providenciem à gestão a habilidade de dirigir o seu negócio na direcção de atingir vantagens competitivas regulares, integrando os planos do marketing com a restante cadeia de abastecimento. Ainda para o mesmo autor, este processo junta todos os planos de todas as funções empresariais relevantes (vendas, marketing, desenvolvimento de novos produtos, produção, compras e finanças) num conjunto integrado de planos. Este processo deve ser feito, pelo menos, uma vez por mês e ser revisto pela gestão de topo a um nível agregado (produtos agrupados por família). Efectuado propriamente, a reunião S&OP liga a estratégia e plano de negócios da empresa com a sua execução, e devolve alguns indicadores de desempenho bastante úteis para a melhoria contínua.

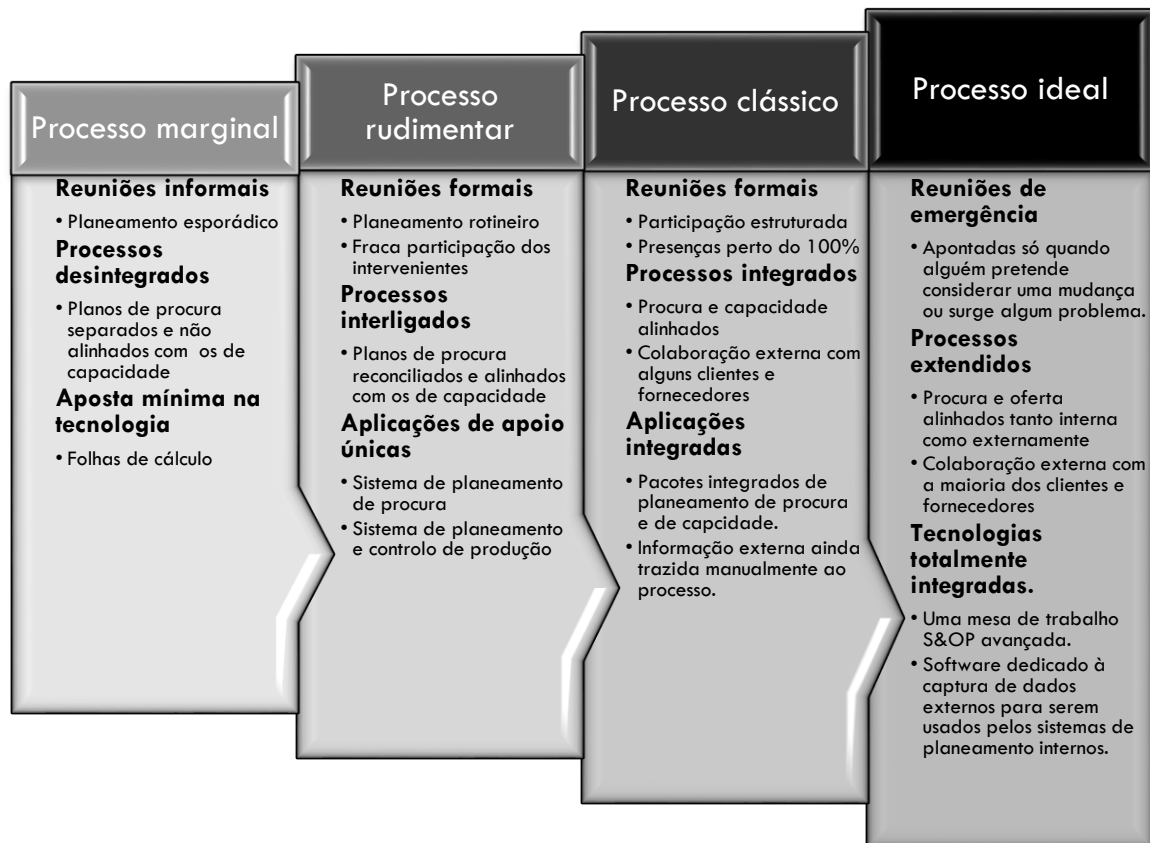
---

<sup>6</sup> O *backordering* diz respeito à possibilidade de aceitar uma encomenda de um cliente sem que haja (seja de propósito ou por acaso) capacidade para que esta seja satisfeita no momento. Nalguns sectores, esta é uma estratégia viável pois os clientes estão dispostos a esperar. Contudo, resulta sempre em alguma perda de confiança.

<sup>7</sup> Conjunto de encomendas em *backorder*.

Qualquer empresa que venda produtos/serviços procede ao S&OP, mesmo que informal. Lapide (2004) apresenta o seguinte modelo para determinar o nível de maturidade do S&OP, que actua também como um *framework* à implementação e evolução do S&OP numa empresa.

Tabela 3 - Evolução da maturidade do S&OP. Fonte: Lapide (2004)



O processo de S&OP segue, normalmente, cinco fases (Grimson & Pyke, 2007):

- 1) O pessoal das vendas junta-se em pré-reuniões, formais ou informais, para construir uma previsão da procura não condicionada<sup>8</sup>. A previsão é ajustada com respostas antecipadas aos planos de marketing, como publicidade, eventos de demonstração e promoções. Além disso, inclui informação acerca da introdução de novos produtos e obsolescência de produtos. O resultado

<sup>8</sup> Na medida em que captura não apenas a procura que a empresa consegue satisfazer, mas sim a procura total.

deve ser uma previsão da procura assentada numa concordância geral e sem qualquer tipo de condição;

- 2) É a vez do pessoal da produção se reunir para compilar informação sobre a estratégia do inventário, capacidades da rede de abastecimento e capacidades internas. O MRP pode ser usado para criar um panorama faseado no tempo dos planos e requisitos futuros. De seguida, a equipa de produção usa a previsão da procura do 1º passo para criar um plano de abastecimento inicial, o *rough cut capacity plan*, que satisfaça os requisitos de procura previstos;
- 3) A equipa de S&OP reúne-se formalmente para desenvolver o plano de produção final para o próximo período. A qualidade das reuniões está dependente do pessoal envolvido e da frequência. A equipa S&OP deve conter elementos de vários departamentos diferentes, especialmente das vendas, marketing, produção, planeamento, compras, logística e finanças. Idealmente, um, ou mais, executivos seniores está presente nessas reuniões onde aprova o trabalho das pré-reuniões informais e dá autoridade à equipa S&OP para implementar decisões;
- 4) O quarto passo consiste na distribuição e implementação do plano. Os principais recipientes são a produção e as vendas. O que acontece na prática é que a produção fica responsável por ir de encontro aos objectivos, enquanto as vendas raramente ajustam o plano de vendas (Grimson & Pyke, 2007);
- 5) O passo final é a medição de resultados e eficiência do processo S&OP. A medição é essencial tanto para a implementação dos planos como para a melhoria contínua do alinhamento entre funções e do próprio processo de S&OP.

#### 2.4.6. PLANEAMENTO DIRECTOR DE PRODUÇÃO

O propósito do planeamento director de produção é o de ir de encontro à procura para os produtos individuais dentro das agregações consideradas durante as fases anteriores. Este mais detalhado nível de planeamento *desagrega* o **plano de produção** em produtos individuais e indica em que *período* específico é que estes serão produzidos (Adam Jr & Ebert, 1992). A este plano dá-se o nome de plano director de produção ou **master production**

*schedule (MPS)*. Além do plano de produção, o MPS deve ter em conta, mais uma vez, a procura (prevista e/ou real), o *backlog*, a disponibilidade dos materiais e capacidade, e as políticas e objectivos da empresa (Blackstone, 2008). O MPS é o elo de ligação entre a intenção da empresa para a produção e a implementação dessa intenção.

Para Ptak & Smith (2011), o MPS é uma homologação dos requisitos para os produtos finais<sup>9</sup> por quantidade, por período. O **horizonte de planeamento**, que é a extensão de tempo coberto por um plano (Blackstone, 2008), pode ser dividido num segmento *firme* e noutro *experimental*. O segmento firme é determinado pelo *lead-time* cumulativo (*procurement* e produção) e mudanças radicais do MPS durante este subperíodo são algo indesejáveis, pois podem provocar *instabilidade* na cadeia de abastecimento. De forma a reduzir ainda mais a instabilidade, é ainda comum considerar uma *cerca temporal* que abranja o(s) primeiro(s) períodos(s) e que congele o MPS, não permitindo quaisquer mudanças (Toomey, 1996).

Segundo Ptak & Smith (2011), o MPS serve duas principais funções:

- A curto prazo (durante o segmento firme), serve como a base de planeamento dos requisitos de materiais, produção de componentes, planeamento da prioridade das encomendas, e planeamento de requisitos de capacidade (CRP);
- A longo prazo (durante o segmento experimental), serve como estimativa do impacto da procura futura nos recursos da empresa, como na capacidade produtiva, no espaço em armazém, na mão-de-obra e no capital.

A maior condição à desagregação do plano de produção no MPS é a capacidade produtiva. Existem duas abordagens ideológicas diferentes para garantir que esse processo é realista com as limitações da empresa (Dilworth, 1993):

- A abordagem de *cima para baixo*, onde os planeadores estimam um nível de produção geral para cada período do horizonte de planeamento, com o

---

<sup>9</sup> Um produto final é aquele que não serve de componente a nenhum produto pai. O conceito será percebido melhor aquando a referência das Bill of Materials (BOM).

pressuposto de que, se existir capacidade disponível para um *pseudo-produto*<sup>10</sup>, existe capacidade disponível para todos os produtos respectivos;

- A abordagem de *baixo para cima*, também chamada de ***rough-cut capacity planning (RCCP)***, consiste na construção de um MPS experimental e consequente conversão das quantidades planeadas em cargas nos recursos-chave, incluindo, mas não limitados a, mão-de-obra, equipamentos, espaço em armazém, capacidade de resposta dos fornecedores, e capital. A comparação das capacidades disponíveis com as estimadas é levada a cabo de forma a assistir os planeadores no desenvolvimento de um plano realista com as limitações da empresa (Blackstone, 2008).

Os valores expressos no MPS dependem do foco do processo produtivo, dos quais existem quatro válidos – o foco no processo, o foco no produto, o foco na repetição e a customização em massa (Render & Heizer, 2001).

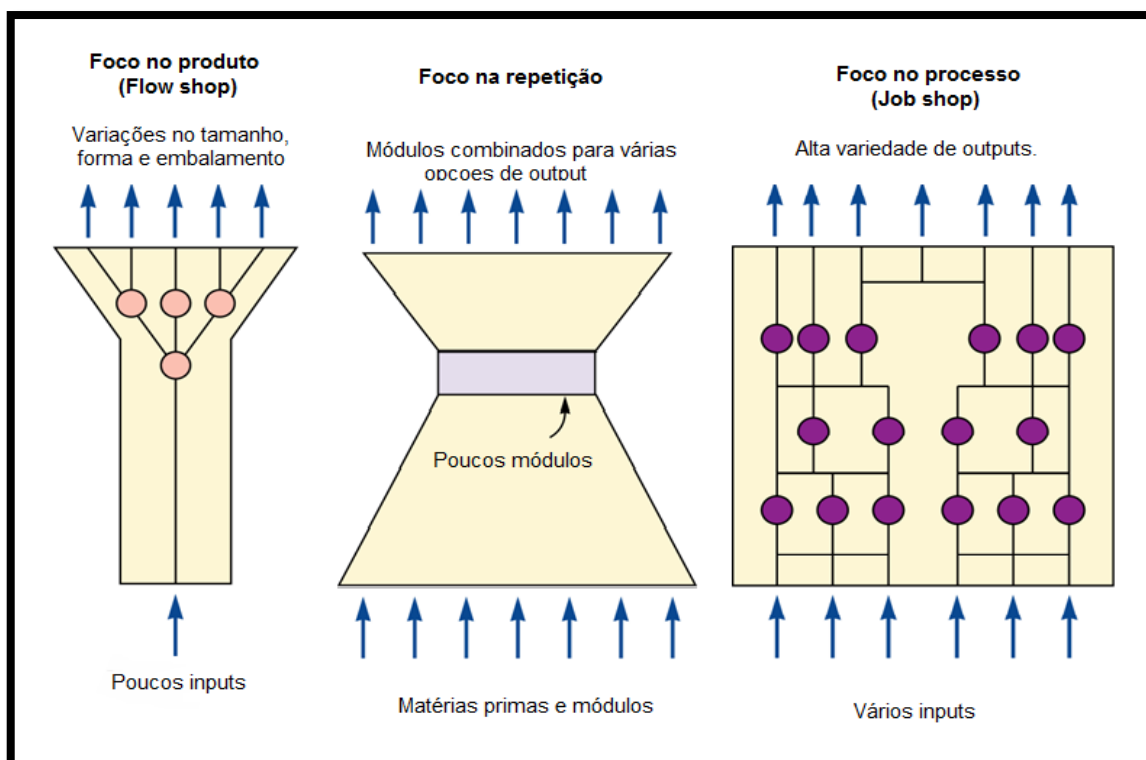


Figura 6 - Diferentes abordagens ao processo produtivo. Fonte: Dilworth (1993)

<sup>10</sup> Um pseudo-produto é definido por Dilworth (1993) como sendo um produto fictício que represente a média das características da família de produtos a ser planeada.

- Uma **produção focada no processo** dedica-se a desenvolver produtos em alta variedade e em pequenas quantidades a partir de instalações flexíveis designadas por **job shops**. Estas instalações estão orientadas ao processo em termos de equipamento, *layout* e supervisão. Cada processo está desenhado para permitir uma vasta variedade de actividades e permitir mudanças frequentes. A produção de um produto dá-se, tipicamente, apenas aquando a entrada de uma encomenda no sistema (política *make-to-order*, ou **MTO**);
- Uma **produção focada no produto** dedica-se a desenvolver produtos em baixa variedade e altas quantidades a partir de instalações designadas por **flow shops**. Estas instalações estão orientadas ao produto através da standardização e controlo de qualidade eficaz aplicadas a um conjunto finito de processos que dão origem à maioria dos produtos. A encomenda do cliente é satisfeita imediatamente, a partir do inventário, cujos níveis são repostos assim que a gestão achar necessário (política *make-to-stock*, ou **MTS**);
- Uma **produção focada na repetição** cai algures entre o foco no processo e no produto. Os processos repetitivos usam *módulos* – partes, ou componentes, previamente preparados, normalmente por **MTS**, ou adquiridos externamente. É a clássica linha de produção. A encomenda do cliente é satisfeita assim que a montagem dos módulos necessários ao produto requisitado tiver sido concluída (política *configure-to-order*, ou **CTO**). Um **MPS** viria, idealmente, expresso em dois níveis: o primeiro, relacionado ao produto final, designado por plano de montagem final, ou **final assembly schedule**<sup>11</sup> (**FAS**) e o segundo, baseado na previsão da procura (**MTS**) para os módulos e componentes que dão origem a esse produto final (Harrison & Petty, 2002);
- A customização em massa consiste na produção de bens e serviços que vão de encontro aos requisitos individuais de cada cliente com uma eficiência próxima da produção em massa (Tseng & Jiao, 2001). Os gestores de operações devem utilizar os recursos disponíveis de forma criativa e agressiva para desenvolver processos ágeis que produzam rapidamente, e sem

---

<sup>11</sup> O **FAS** é preparado após a entrada da encomenda do cliente e o respectivo condicionamento à disponibilidade de material e capacidade, e agenda as operações necessárias à finalização do produto, desde o nível onde este está guardado em *stock* (ou planeado pelo **MPS**) até ao produto final (Blackstone, 2008).



grandes custos, produtos customizados. É o foco que tenta obter as vantagens dos três processos anteriores e nenhuma das desvantagens.

Vollman *et al.* (1997) resume de forma clara as diferenças no MPS para as diferentes abordagens, Tabela 4:

Tabela 4 - Adaptação do MTS a cada ambiente produtivo. Fonte: Vollman *et al.* (1997)

Abordagem	MTO	CTO	MTS
<b>Função de controlo</b>	<i>Backlog</i>	<i>Final Assembly Schedule (FAS)</i>	Previsão
<b>Unidade MPS</b>	Encomendas reais	Opções	Produtos finais
<b>Nível do produto</b>	Produto final	Produto intermédio e final	Produto final

O MPS é obtido através da *desagregação* do plano de produção, já considerando a procura real que entretanto possa ter surgido. As fontes de procura podem ser tão variadas como encomendas de clientes, encomendas inter-armazém, reposição de *stocks* de segurança, etc.. O formato de um MPS consiste, normalmente, numa matriz que lista as quantidades por produto final, por período, e que é actualizada profundamente consoante o frequência dos cálculos das previsões da procura, que é quase sempre mensalmente (Ptak & Smith, 2011). No entanto, mudanças intermitentes devem ser permitidas – um MPS realista e actualizado para a situação actual é um dos principais requisitos de um sistema MRP eficiente.

No dia-a-dia, as vendas e a produção utilizam o MPS para se coordenarem em termos do **processo de promessas de prazos**<sup>12</sup>. Para isso, o MPS deve conter um campo designado por **available-to-promise (ATP)** (Vollmann *et al.*, 1997). O ATP, por sua vez, diz respeito à porção, não prometida ainda a qualquer cliente, de inventário estimado (inventário existente mais qualquer quantidade planeada ser produzida, menos as quantidades já prometidas a clientes anteriores) para um determinado período (Blackstone, 2008).

---

<sup>12</sup> Actividade através da qual o cliente é informado de um prazo de entrega para a sua encomenda.

### 2.4.7. MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING

Segundo Stevenson (2001), o MRP trabalha “para trás”, usando um MPS exposto em artigos finais com procura totalmente independente para calcular as quantidades de componentes e matérias-primas necessárias para garantir a produção desses artigos finais no período especificado no MPS. O MRP responde então a três perguntas: o que é necessário? Quanto é necessário? E quando é necessário? É uma ferramenta utilizada na gestão da procura dependente (Toomey, 1996) e, para isso, requer três *inputs* essenciais ao seu funcionamento: são eles o plano director de produção, as *bill of materials* (BOM), e os registos de estado de inventário (Blackstone, 2008; Helms, 2006; Ptak & Smith, 2011). Ptak e Smith (2011) acrescentam ainda que a procura independente por componentes intermédios<sup>13</sup> deve ser considerada também na fase do cálculo MRP. Com a informação devida, o MRP devolve não só as *necessidades materiais líquidas*, como também as separa por período (Courtois *et al.*, 1997). Utilizado propriamente, o MRP permite o planeamento da capacidade (através do *capacity requirements planning*) e a alocação das cargas de produção a recursos. No entanto, a informação devolvida pelo MRP é só tão fidedigna quanto a informação que é fornecida. A empresa deve manter as BOMs, códigos de produto e registos de estado de inventário precisos e actualizados para poder obter os verdadeiros benefícios do MRP (Helms, 2006).

O MRP, em si, é insensível a restrições de capacidade, e é por isso que a construção de um MPS realista é de elevada importância para um sistema eficiente. O MRP calculará, através das BOMs, a quantidade bruta de componentes que devem ser produzidos de forma a obter a quantidade de artigo final expressada no MPS. De seguida, subtrairá a essas quantidades brutas as quantidades respectivas já existentes em inventário. Essas existências, por sua vez, vêm expressas no **registo de estado do inventário** para um certo produto que, de acordo ainda com Stevenson (2001), devem conter a quantidade prevista em inventário para cada período (existências no momento mais a produção planeada até ao período considerado mais o *work-in-process*<sup>14</sup>), além de factores relevantes como o fornecedor

---

<sup>13</sup> Por exemplo, encomendas intra-empresa, encomendas de outras empresas que usem os mesmos componentes na construção dos seus artigos finais, etc. O sistema MRP deve tratar tais encomendas como adições às necessidades brutas.

<sup>14</sup> O conjunto de bens semiacabados distribuídos ao longo das instalações ou das linhas de produção — é todo o material que está entre a matéria-prima e o produto acabado (Blackstone, 2008).

(interno ou externo), *lead time* de produção/aquisição, *tamanho de lote* e *stock de segurança*, percentagem média de não-conformidades, etc., Fig. 7.

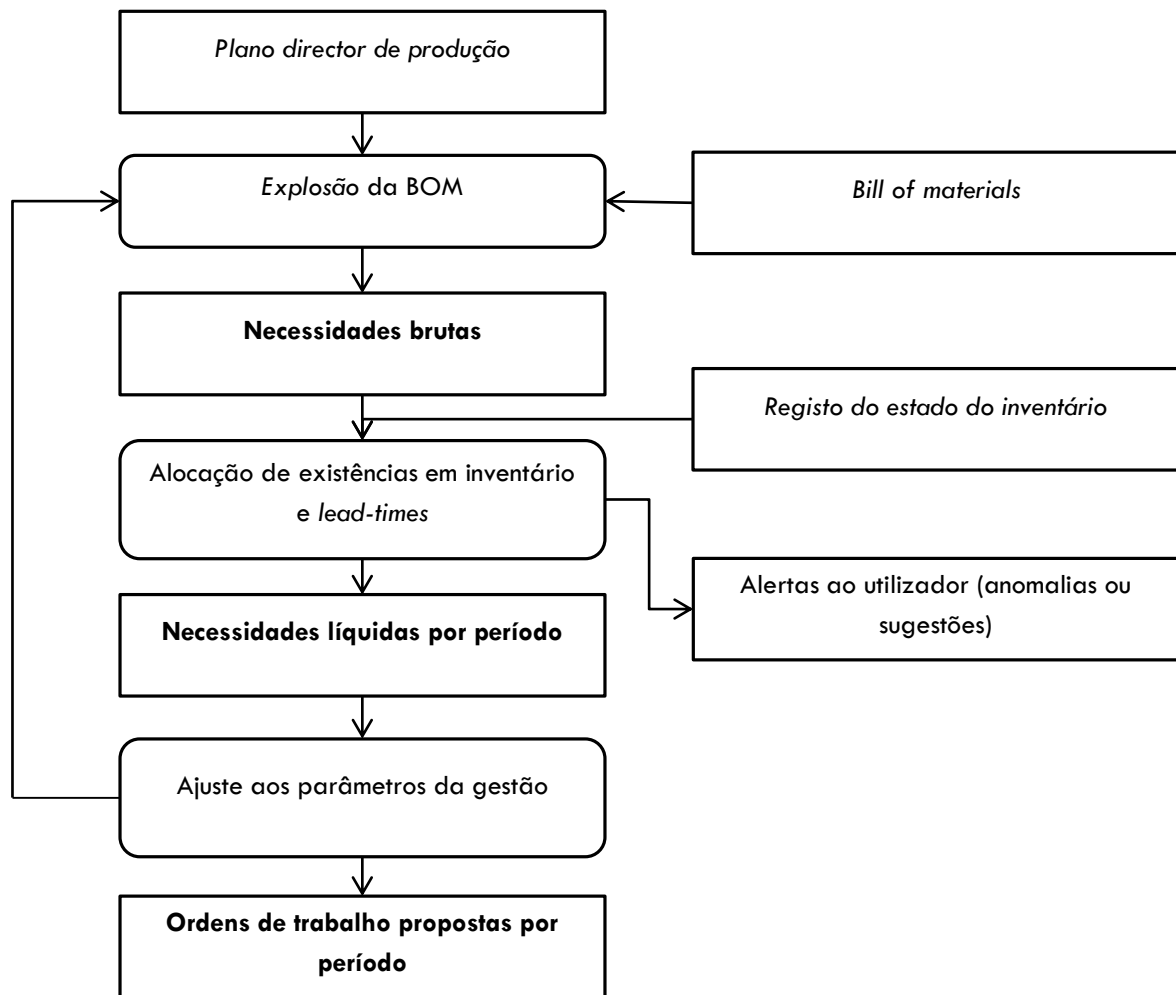


Figura 7 - Lógica do cálculo MRP para um determinado produto. Adaptado de Courtois et al. (1997).

Os *outputs* primários de um sistema MRP são apresentados por Ptak & Smith (2011) como sendo os seguintes:

- Sugestões de lançamento de novas ordens de trabalho;
- Sugestões de re-agendamento de ordens de trabalho existentes;
- Sugestões de cancelamento de ordens de trabalho existentes;
- Ordens planeadas para serem lançadas no futuro.

Os *outputs* secundários de alguma utilidade são:

- Relatórios de erro, não-conformidades e situações fora-dos-limites;
- Projecção dos níveis de inventário;
- Relatórios de compras necessárias;
- Traceamentos às fontes da procura (*pegging reports*);
- Relatórios de *performance*.

Segundo Vollman *et al.* (1997), pode-se esperar que as anomalias, ou **códigos de exceção**, digam respeito a entre 10% e 20% das situações, se o sistema MRP estiver a funcionar devidamente. Essas mensagens vêm separadas em duas grandes categorias: a primeira, que testa a qualidade dos dados *input*, e inclui testes para quantidades fora do horizonte de planeamento, para quantidades diferentes do tamanho de lote pré-definido, códigos de produto/componente inválidos, ou outro qualquer teste de incongruidade dos dados. A segunda categoria suporta directamente a actividade de planeamento e engloba alertas para a emergência de necessidades de componentes para os períodos imediatos; diagnósticos das ordens de trabalho planeadas que estejam agendadas tanto demasiado cedo como demasiado tarde, exigindo uma revisão das datas de maneira a reflectir as prioridades do ambiente fabril; e indicadores de problemas na gestão, como situações em que se torna impossível satisfazer as quantidades de produtos finais agendadas a não ser que se alterem os **factores** inseridos no MRP – por exemplo, se uma necessidade não for cumprida a tempo da produção do artigo requerente, esta irá ser adicionada à carga colocada no período imediato, o que requer ou uma compressão dos *lead-times* ou uma gestão do *backlog* à parte.

O cálculo MRP pode ser algo demorado devido aos grandes volumes de informação que deve processar. O ambiente instável dos dias de hoje, contudo, provoca a necessidade de revisões frequentes. De acordo com Carravilla (1997), existem dois métodos de revisão:

- **Método regenerativo** – onde todos os produtos no MPS são *explodidos*, dando-se de seguida o cálculo integral das necessidades dos componentes. É um método muito demorado e deve ser realizado durante o fim-de-semana;
- **Método das variações líquidas** – onde apenas os produtos alterados desde o último método regenerativo são *explodidos* e respectivas necessidades de componentes calculadas. É um método mais expedito e pode ser realizado durante a noite.

### 2.4.7.1. *Bill of materials*

A estrutura de produtos, ou a **bill of materials (BOM)** é um ficheiro que contém uma listagem hierárquica do tipo e número de componentes necessários para produzir uma unidade de produto final. Informação adicional, como a gama operatória, e materiais ou gamas operatórias alternativas, pode ser incluída na BOM. A BOM é utilizada pelo MRP para determinar o número bruto de componentes que é necessário ter disponível para produzir uma dada quantidade de produto final. A este processo dá-se o nome de explosão – *explodir* a BOM é o primeiro passo no cálculo MRP (Helms, 2006).

Para Oliveira (1998), a BOM serve ainda como ponto comum para a integração entre os sistemas ERP com PDM (*Product Data Management*) e entre os sistemas ERP e CAD (*Computer Aided Design*), possibilitando assim o fluxo e a consistência da informação útil para suportar uma gestão integrada de todos os processos ao longo do ciclo de vida do produto. Porque a BOM agrupa todo o tipo de informações úteis, é normal que vários interessados (como o design e engenharia, controlo de documentação, operações, produção, compras, etc.) consumam dados retidos na BOM. Uma BOM para um artigo final, eficaz para toda a empresa, deve conter (Arena Solutions, 2013):

- **O nível na BOM.** Cada componente deve ter um número associado que detalhe onde este se encaixa na hierarquia da BOM. O nível 0 está reservado ao artigo final, o nível 1 aos componentes que imediatamente lhe dão origem, o nível 2 aos subcomponentes que dão origem aos componentes de nível 1, etc. Isto permite a qualquer pessoa com o mínimo conhecimento do conceito decifrar rapidamente o ficheiro;
- **Um código/número único para cada parte,** de maneira a possibilitar a referência e identificação dos componentes, matérias-primas, ou artigos finais, rapidamente. Idealmente, o código deve ser o mais curto possível, com base numérica (os caracteres alfabéticos dificultam a entrada de dados) e assignado aos novos itens, assim que estes são introduzidos no sistema informático (Orlicky, 1975);
- **Um nome associado.** Uma designação única do nome de cada parte, associado ao código. Ajuda na identificação humana;
- **Fase no ciclo de vida.** Partes que ainda não se encontrem em produção (ou compra) podem ter de existir informaticamente, seja por serem novas partes

estipuladas durante o desenvolvimento de novos produtos, seja por serem partes antigas que precisam de existir por motivos de registos. De qualquer das maneiras, é importante separá-las das partes “reais” da produção;

- **Descrição.** Uma breve mas detalhada descrição ajuda a distinguir entre partes semelhantes e identificar partes específicas mais facilmente;
- **Quantidade.** A quantidade necessária à obtenção de um (1) *componente pai* (de nível inferior), de forma a auxiliar os cálculos necessários à gestão de produção e de compras;
- **Unidade de medida.** Classifica a medida em que a parte será obtida. Pode ser algo como “unitário,” “litros,” “metros quadrados,” etc.;
- **Tipo de procurement.** Documenta como cada parte é adquirida até àquele nível, ou seja, se a parte é adquirida interna e/ou externamente;
- **Notas da BOM.** Um espaço para que se possa interagir com todos os interessados naquele BOM particular com informações relevantes.

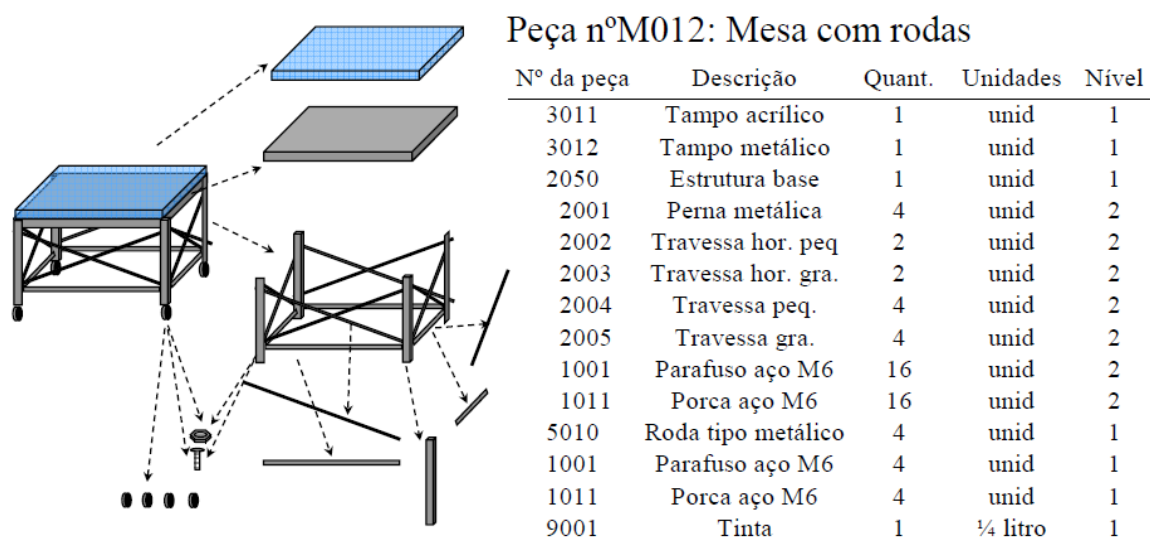


Figura 8- Exemplo de uma vista explodida de um produto e respectiva BOM multi-nível. Fonte Carravilla (1997)

#### 2.4.8. CAPACITY REQUIREMENTS PLANNING

À função responsável por estabelecer, medir e ajustar os limites da capacidade para cada centro de trabalho, ao nível do MRP, dá-se o nome de planeamento de requisitos de capacidade, ou **capacity requirements planning (CRP)**. O *work-in-process* (WIP) e as sugestões de ordens de trabalho do MRP constituem o *input* ao CRP que, através do uso das gamas

operatórias e dos tempos padrão de produção traduzem esse *input* em horas de trabalho necessário, por centro de trabalho, por período. O CRP é importante porque mesmo que o RCCP demonstre que existe capacidade suficiente para executar o MPS, o CRP pode demonstrar que tal pode não ser verdade (Blackstone, 2008), Tabela 5. De acordo com Pinto (2006), o CRP começa por identificar a carga a ser colocada num determinado centro de trabalho como sendo igual à soma das cargas impostas pelas ordens de trabalho sugeridas pelo MRP, acumulada com o *work-in-process* e o *backlog*. Eventuais encomendas urgentes que não tenham sido planeadas podem também ser consideradas como carga. A técnica de *projectão das cargas*, semelhante em aparência ao RCCP, é geralmente aceite como sendo a indicada para lidar com o processo (Pinto, 2006; Ptak & Smith, 2011; Toomey, 1996; Vollmann *et al.*, 1997).

Tabela 5 - Diferenças entre o RCCP e o CRP. Adaptado de Harrison & Petty (2002).

	RCCP	CRP
Definição	Carga estimada em recursos críticos com base no MPS	Avaliação detalhada da carga para cada centro de trabalho
Método	Uso do MPS e de perfis de carga gerais.	Cálculo baseado em todas as ordens de trabalho.
Frequência	Quando necessário.	Depois de cada cálculo MRP.
Objectivo	Avaliação da viabilidade do MPS. Planeamento operacional.	Avaliação da viabilidade do cumprimento de necessidades. Determinação de gargalos.
Precisão	Agregada	Detalhada
Dados	MPS e perfis de carga	Ordens de trabalho, centros de trabalho, gamas operatórias e WIP
Velocidade	Rápido.	Tipicamente mais demorado que o MRP
Uso	Todos os interessados na gestão da produção.	Minoria de utilizadores.

Como foi referido anteriormente, o MRP utiliza o MPS e BOMs para calcular as necessidades e o *timing* a que estas são precisas. O CRP deverá, então, associar as gamas operatórias aos produtos envolvidos, de forma a indicar quais os centros de trabalho que serão utilizados e qual a carga de trabalho a que estes estarão sujeitos, que é determinada como sendo a soma de todas as ordens de trabalho relevantes. Se algum dos centros de trabalho apresentar carga excessiva num período em particular, existem três acções possíveis, que devem ser consideradas pela seguinte ordem (Gibson *et al.*, 1995):

1. Estabelecer se alguma carga pode ser distribuída para períodos com suficiente capacidade disponível, dentro do intervalo permitido pelo *lead-time* do produto envolvido (sem necessidade de alteração do MPS);
2. Usar um conjunto de regras de prioridade para libertar a carga de um certo período, planeando ordens de menor prioridade para os períodos mais próximos com capacidade disponível, e mudar o MPS devidamente.
3. Se a mudança do MPS não for aceitável por resultar em atrasos indesejáveis, planejar aumentar a capacidade através de horas extra, trabalhadores em *part-time*, subcontratação, etc.

#### 2.4.9. CONTROLO DAS ACTIVIDADES DE PRODUÇÃO

O desenvolvimento de um MPS adequado é o primeiro passo para o uso eficiente dos recursos de maneira a que estes providenciem produtos de qualidade a tempo. Quando um dos períodos para o qual se planeou se torna o período presente, recebe o nome de **período de acção** (Gibson *et al.*, 1995). Um controlo que se assegure que as actividades decorrentes durante o período de acção são consistentes com aquelas que se tinham planeado torna-se essencial à regulação integral do sistema (Dilworth, 1993).

O controlo das actividades de produção, ou **production activity control (PAC)**, é a função que engloba o controlo na *shop floor* e o controlo dos fornecedores. O PAC engloba os princípios, abordagens, e técnicas necessárias ao sequenciamento, controlo, medição e avaliação da eficiência das operações produtivas (Blackstone, 2008). Para Courtois *et al.* (1997), o PAC procura otimizar a relação entre homens, máquinas, stocks e movimentos físicos, das matérias-primas aos artigos finais, para executar o MPS, controlar as prioridades, melhorar a produtividade, minimizar os stocks, diminuir o *work-in-process*, e melhorar o serviço



ao cliente. Dentro da **gestão de compras**, o *procurement* é visto como a actividade através da qual as redes de informação, relações, termos e condições são estabelecidos com os fornecedores. Esta actividade é realizada fora do PAC. As encomendas individuais e actividades de controlo que daí advêm são, contudo, parte do PAC (Vollmann *et al.*, 1997).

O controlo nos centros de trabalho, ou **shop floor control (SFC)**, quando aplicado a empresas de produção discreta<sup>15</sup>, é um sistema que utiliza os dados reais da produção para manter e comunicar informação sobre as ordens de trabalho e sobre os centros de trabalho. As suas principais responsabilidades são (Blackstone, 2008):

- Sequenciar as ordens de trabalho através de uma gestão de prioridades;
- Manter informação fidedigna sobre que produtos e que quantidades estão em WIP;
- Dirigir informação sobre os estados das ordens de trabalho para os escritórios;
- Providenciar dados reais de *output* para propósitos do controlo da capacidade;
- Providenciar dados sobre as quantidades por localização por ordem de trabalho para cálculos do inventário em WIP e contabilidade;
- Providenciar indicadores de eficiência, utilização, e produtividade da mão-de-obra e equipamentos.

O grande objectivo do SFC, contudo, é o **controlo input/output**, que é o processo através do qual se monitoriza o fluxo de trabalho num centro de trabalho. Um registo que contraste as quantidades planeadas com as reais, tanto de *input* como de *output*, para cada centro de trabalho, mais o *backlog*, deve ser mantido. O *output* planeado é normalmente constante (à parte dos períodos de manutenção, férias, etc.) e é igual à capacidade do centro de trabalho. Já o *input* planeado será gerado através do relatório de carga para o centro de trabalho, reflectindo eventuais ordens de trabalho futuras como deduzidas durante

---

<sup>15</sup> Para empresas de produção contínua, o SFC baseia-se primariamente na observação dos rácios de produção e na atribuição de capacidade produtiva que vá de encontro a essas observações (Blackstone, 2008).

o CRP. O *input* e *output* reais serão achados à medida que o plano é executado (Gibson *et al.*, 1995).

Existe a possibilidade de se desenvolverem sistemas dedicados à participação no processo de SFC, incluindo controladores lógicos e computadores dedicados ao controlo do processo para um controlo directo e supervisor sobre os equipamentos. A este conjunto dá-se o nome de sistemas de execução de produção, ou **manufacturing execution systems (MES)**. Estes sistemas englobam ainda os sistemas de informação que reúnem dados históricos acerca da *performance* nas oficinas, e os *displays* gráficos e os alarmes que informam o pessoal das operações daquilo que se passa na fábrica. Informação sobre o controlo da qualidade deve ser reunida nestes sistemas, e informação do laboratório pode também ser parte desta configuração de forma a ligar as condições do processo aos dados gerados pela qualidade. Desta maneira, relações causa-efeito podem ser determinadas e utilizadas para prever acções adequadas, em prol de reacções informais (Blackstone, 2008).

Uma das tarefas do MES é a de ordenar as encomendas pertencentes a um conjunto de encomendas, transferido do sistema ERP para um determinado período, numa sequência óptima. Meyer *et al.* (2009) apresenta um conjunto de considerações a ter em conta para o sequenciamento, e afirma que as suas prioridades devem ser clarificadas de maneira a permitir um aumento da eficácia de todo o sistema de planeamento e controlo de produção, Fig. 9.



Figura 9 - Factores a ter em conta no momento do sequenciamento. Adaptado de Meyer, Fuchs e Thiel (2009)

Idealmente, o supervisor deveria utilizar o MES para fazer simulações de forma a poder apreciar potenciais situações com respeito a variações, quantidades, e datas. Alternativamente, é possível criar um algoritmo de optimização que tente maximizar uma combinação ponderada dos factores explícitos acima. De qualquer maneira, isto de pouco serve se o supervisor não souber o que se passa na fábrica. Para isso, surge a função de controlo essencial do MES, que se dá ao nível do controlo *input/output* nos centros de trabalho.

Infelizmente, problemas com a implementação de TI na produção são várias vezes causados pelo não-envolvimento do pessoal dos centros de trabalho com a apropriada reunião e configuração da informação (Meyer *et al.*, 2009). Envolver um trabalhador significa que esse trabalhador deve ser primeiro informado acerca dos objectivos e significado do MES. Paralelamente a essa formação, o terminal MES deve ser desenvolvido e testado iterativamente, equipando-o com *hardware* apropriado à entrada de dados<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Por exemplo, um computador pessoal apresenta a vantagem de possuir um teclado e rato e, por isso, uma rápida digitalização de informação, mas em caso de ambientes de trabalho impróprios (vibração, temperatura, pó, etc.), um terminal *touchscreen* seria mais apropriado.

Uma das formas mais intuitivas de fazer as simulações de planeamento fino e seguir o estado das ordens de trabalho na oficina é o recurso aos diagramas de Gantt. Um diagrama de Gantt é, segundo Blackstone (2008), “o mais antigo e mais conhecido tipo de diagrama de planeamento e controlo, especialmente desenhado para mostrar graficamente a relação entre a performance planeada e a real, ao longo do tempo.” Henry Gantt conceptualizou os seus gráficos de maneira a que os chefes de secção e outros supervisores pudessem rapidamente saber se a produção está atrasada, adiantada ou conforme o planeado (Herrmann, 2007).

## 2.5. Flexibilidade de um sistema baseado em MRP

Longe vão os dias em que uma lógica *push* pura directamente até às mãos do cliente era viável. Essa produção e promoção em massa de produtos, para o qual o MRP foi originalmente desenhado, deram lugar a um ambiente moderno volátil, caracterizado por clientes mais inteligentes, exigentes e com um vasto leque de alternativas. Os clientes de hoje querem aquilo que querem, quando querem, e a um preço que estejam dispostos a pagar. A empresa moderna de sucesso é aquela que consegue providenciar esse serviço, ao mesmo tempo que obtém lucros.

À luz desta situação, as cadeias de abastecimento foram alongadas, os ciclos de vida dos produtos encurtados, e a complexidade do planeamento aumentada. A necessidade de planear leva a que as companhias se foquem em sistemas e abordagens que aumentem a previsibilidade. As empresas tentam medir toda e qualquer coisa que possa ser medida numa tentativa de aprender algo que ainda não saibam. A realidade, contudo, é que um mar enorme de dados pode facilmente ser um obstáculo ao acesso a informação importante e accionável. Por outro lado, os investimentos avançados de capital, inventário e capacidade derivados do planeamento tornam as empresas inflexíveis a curto prazo, o que tem levado a que vários gestores imponham estratégias transparentes, simples e de lógica *pull*, como o *lean manufacturing*. Contudo, essas abordagens não são tão adequadas ao planeamento como as abordagens *push* (Ptak & Smith, 2011). Ao observar que uma aposta no planeamento prejudica a flexibilidade, e vice-versa, é fácil chegar à conclusão de que o ideal é atingir um **equilíbrio**.

No âmbito deste documento, a tentativa de chegar a esse equilíbrio dá-se a partir do MRP, o que não significa que não seja possível uma abordagem a partir de um sistema *pull*. Um sistema de MRP viável nos dias de hoje deve ser flexível para lidar com a instabilidade resultante de quatro fontes (Ptak & Smith, 2011):

- A **variabilidade da procura**, caracterizada pelas flutuações e desvios experienciados nos padrões da procura e planos;
- A **variabilidade da oferta**, caracterizada pelas disrupções na rede de abastecimento, ou desvio dos prazos prometidos internamente e/ou externamente. A falta de um mísero componente pode provocar a não entrega de um produto final de alto valor;
- A **variabilidade operacional**, derivada da Lei de Murphy que afirma que o que pode dar errado, dá errado. É o conjunto de variações normais e aleatórias que deve ser aceite como eternamente presente pelo facto de ser impossível tornar o processo produtivo absolutamente perfeito;
- A **variabilidade auto-imposta** aparece como o elemento humano e é um resultado directo das decisões tomadas dentro da empresa que fogem ao controlo estatístico.

O **nervosismo** do MRP é a característica desse tipo de sistemas que faz com que pequenas mudanças em níveis superiores da BOM provoquem mudanças significantes no *timing* e quantidades no planeamento dos níveis inferiores (Blackstone, 2008). Já o **efeito chicote** da cadeia de abastecimento é um conceito semelhante, que afirma que a variação cumulativa ao longo da cadeia é significativamente maior que a variação de qualquer das partes que lhe deu origem. Quanto maior o número de interdependências no sistema, maior o impacto destes efeitos (Ptak & Smith, 2011).

A única maneira de evitar estes efeitos indesejáveis é parar a passagem e aumento de variação ao longo das interdependências do sistema. As dependências devem ser **desacopladas** umas das outras para que a variação seja reduzida ou absorvida. O desacoplamento significa a criação de independência entre o abastecimento e a utilização de um material (Blackstone, 2008). A manutenção de *stocks* de segurança, por exemplo, representa uma forma de desacoplamento, podendo ser considerado como um *buffer*. Existem três tipos de *buffering* que desacoplam estas dependências (Ptak & Smith, 2011):

- Um **buffer de tempo** representa o *lead time* adicional permitido, para além do tempo necessário de *setup* e processamento, para o fluxo de materiais entre dois pontos específicos do fluxo produtivo. Deve ser determinado de maneira a cobrir o efeito chicote a jusante o suficiente para garantir níveis de serviço aceitáveis;
- Um **buffer de capacidade** é definido como sendo a capacidade protectora, tanto nos recursos gargalo como não gargalos, que permite margem de manobra a esses recursos de maneira a que a situação possa voltar ao planeado;
- Um **buffer de inventário** é uma quantidade de *stock* feita em avançado que tenta separar a procura da oferta e que possa continuar a satisfazer a procura no caso de a oferta falhar.

O *buffering* está intimamente ligado à teoria das restrições, pelo que uma breve introdução a esse tema é necessária.

### 2.5.1. TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A teoria das restrições pode ser vista como uma filosofia de gestão holística que se baseia no princípio de que sistemas complexos exibem sempre uma simplicidade inerente – mesmo um sistema compreendendo milhares de pessoas e equipamentos tem, para um dado período, apenas um número pequeno de variáveis (talvez só uma, chamada de gargalo) que deveras limitam a habilidade de gerar mais do objectivo do sistema (Blackstone, 2008). Desta perspectiva, nasce um conceito ligado à produção síncrona chamado de tambor-pulmão-corda, ou **drum-buffer-rope (DBR)**, como uma analogia para identificar e gerir os recursos gargalo existentes numa empresa, de forma a se poder obter o impacto máximo na sua lucratividade (Gibson *et al.*, 1995). Os objectivos do DBR são os seguintes:

- Permitir à empresa executar o fluxo planeado de produtos ao longo de um determinado período de tempo;
- Lidar com desvios nesse fluxo.

A abordagem DBR começa com o desenvolvimento de um MPS viável que não sobrecarregue a capacidade do gargalo. O gargalo é visto como o **tambor** do sistema, visto

que ditará o *output* total máximo. As actividades críticas que provocam todo o soar do tambor vêm ligadas à determinação de três parâmetros a nível do recurso gargalo. São eles:

- A sequência dos processos;
- O tamanho de lote de processo, definido como sendo a quantidade acumulada de produtos semelhantes que deverão ser fabricados seguidamente;
- O tamanho de lote de transferência, tipicamente maior que o tamanho de lote do processo, definido como sendo a quantidade de produtos acabados a ser transportada para a próxima fase da cadeia de valor.

Decisões ao nível destes parâmetros são interrelacionadas, particularmente aquelas ao nível do sequenciamento e do tamanho de lote de processo, visto que um aumento do segundo envolve a aglomeração de ordens de trabalho futuras de determinados produtos, influenciando, por isso, a sequência do processo.

Por não possuir capacidade suficiente, o recurso gargalo deve trabalhar constantemente, de forma a assegurar o máximo *output* produtivo possível. De maneira a lidar com disrupções no fluxo de produtos que pudessem interferir com o trabalho do gargalo, **buffers** devem ser utilizados de maneira a garantir que o gargalo fique protegido do efeito chicote. Por último, para assegurar a sincronização da produção nos recursos não-gargalo, a **corda** é usada para *atar* a produção nesses recursos ao recurso gargalo, gerando a movimentação dos materiais certos no momento certo e reduzindo a acumulação de *stocks* intermédios.

## 2.6. A falta de homogeneidade no produto

A falta de homogeneidade no produto é definida por Alarcón *et al.* (2011) como sendo “a falta de uniformidade, como requisitada pelo cliente, nos produtos a si entregues”. A FHP aparece tipicamente nos processos produtivos que incluam matérias-primas cuja origem seja a natureza e/ou os processos cujas operações confirmam heterogeneidade às características dos *outputs* obtidos, mesmo que os *inputs* sejam homogéneos. A FHP está, por isso, presente

em indústrias tão diversas como a cerâmica, têxtil, madeireira, mármore, cabedal, peles, horticultura e óleos.

Segundo Alemany *et al.* (2013), a gestão ineficiente da FHP provoca três efeitos bastante indesejáveis na competitividade da cadeia de abastecimento:

- A FHP conduz à existência de **stocks fragmentados**, que se podem rapidamente tornar obsoletos para produtos com curtos ciclos de vida, visto que os *sub-lotes* homogéneos de um produto não podem ser aglomerados de forma a satisfazer uma encomenda maior do que qualquer um dos sub-lotes existentes desse mesmo produto;
- A incerteza sobre as quantidades homogéneas disponíveis dos produtos acabados leva a que se tenha de produzir mais do que o necessário;
- O nível de serviço ao cliente torna-se facilmente deficiente se o sistema de promessa de encomenda não for baseado em informação fidedigna acerca das quantidades de *stock* homogéneas existentes e futuras de um certo produto.

Para atacar a FHP, existem duas perspectivas de actuação que as empresas devem tentar combinar dentro das suas habilidades (Alemany & Ortiz, 2012):

- A perspectiva **tecnológica** tenta reduzir as causas da FHP mediante o melhoramento dos processos de fabrico, a refinação das características do produto e um melhor controlo sobre as matérias-primas e variações nos processos;
- A perspectiva **da gestão** aceita a FHP e trata de reduzir o seu impacto tanto no nível de serviço ao cliente como nos custos para a empresa.

Os sub-lotes homogéneos não devem ser misturados para satisfazer uma determinada encomenda, visto que o cliente espera uma quantidade totalmente homogénea de produto. As empresas vítimas de FHP vêem-se, por isso, obrigadas a incluir estágios de classificação ao longo do processo produtivo, de forma a se poderem certificar da homogeneidade de cada sub-lote. No sector cerâmico, os critérios de classificação são baseados em (Poyatos *et al.*, 2010): qualidade, tonalidade e calibre. Todos estes critérios são independentes e as suas diferentes combinações levam à existência de um grande volume de possíveis sub-lotes e de subsequente fluxo de informação, além do aumento da



complexidade de todo o processo de criação de valor. As quantidades de artigos homogéneos serão, por isso, apenas conhecidas depois de cada estágio de classificação (Mundi *et al.*, 2012). Isto significa que as quantidades homogéneas reais de cada *sub-lote* de artigo final não serão sabidas até depois de serem produzidas, o que dificulta, por sua vez, tanto o processo de promessa de prazos ao cliente, como o de planeamento director de produção, que deve ter em conta essa imprevisibilidade quando estabelece as quantidades de produtos a serem fabricados (Alemany & Ortiz, 2012). Essas duas actividades, afinal, estão fortemente ligadas na fronteira estabelecida pelo **ponto de desacoplamento**.

### 3. PROJECTO NA REVIGRÉS

Este capítulo pretende demonstrar uma possível abordagem ao problema do planeamento e controlo de produção numa empresa de cerâmica afectada pela FHP. Existem três importantes pilares em que o sistema sugerido assenta: a reunião S&OP como aglomeradora de todas as relevâncias para o plano de produção, o modelo MP-REV-FHP como possibilitador à relação entre o MPS e o FAS, e a protecção do recurso gargalo como garantia de *output* previsível. Primeiro, contudo, procede-se um enquadramento com a situação do sector cerâmico e, de seguida, com a empresa em estudo.

#### 3.1. Enquadramento com o sector cerâmico

O sector cerâmico a nível mundial apresenta a peculiaridade de se encontrar centrado ao redor de *clusters* regionais onde se localizam a maioria das empresas – tanto os fabricantes de produtos cerâmicos como a indústria provedora de esmaltes, matérias-primas e maquinaria relevante, assim como diversas instituições públicas e privadas que apoiam o desenvolvimento do *cluster* e do sector. Os principais *clusters* cerâmicos estão localizados no Brasil – um em Santa Catarina, e dois no estado de São Paulo; em Portugal, na zona de Aveiro; em Castellón, Espanha; e na província de Emilia Romagna, em Itália. Desde há uns anos, contudo, a contribuição para o bruto da produção mundial de cerâmica proveniente dessas concentrações representa apenas perto de 30% – isto devido à emergência da indústria cerâmica da China, que cresceu graças à aposta em tecnologias de materiais desenvolvidas em Castellón e à maquinaria italiana. Os *clusters* europeus mais importantes e tradicionais são o espanhol e o italiano. Enquanto o espanhol se foca mais na produção em altas quantidades e em preços competitivos para a classe média-baixa, o italiano foca-se na comercialização, através de *design*, imagem e estilos arrojados e mosaicos tecnologicamente avançados dirigidos à classe média-alta (Albors & Hervás, 2002). Visto ser difícil competir com a China na questão de preços, parece ao autor que esta dualidade continental existente entre Espanha e Itália apresenta uma oportunidade estratégica para a produção de mosaicos a preços competitivos e tecnologicamente avançados, através de uma abordagem à produção que permita à empresa caminhar na direcção da customização em massa. Para esse efeito, um sistema de planeamento e controlo de produção eficaz torna-se essencial.

### 3.2. Enquadramento com a empresa em estudo

Fundada em 1977, o ano de 1978 marcou o arranque da produção da Revigrés que, desde logo, se tornou num importante polo empregador e centro de inovação. Em 1981, foi instalada a segunda linha de produção, permitindo a duplicação da capacidade fabril, enquanto, no ano seguinte, foram introduzidos fornos de nova geração, possibilitando uma notória economia energética e a melhoria qualitativa do produto final. Ao mesmo tempo, o aumento consolidado das vendas e o reforço da quota de mercado levaram à abertura da primeira delegação da empresa, em Lisboa. Apostando-se na diversidade de oferta, em 1983, foi instalado um forno de terceiro fogo, para produção de mosaicos pintados à mão, enquanto, passados quatro anos, foi realizada uma remodelação profunda no sector de processamento de matérias-primas, permitindo a flexibilização da capacidade produtiva e a optimização da oferta ao cliente. Em 1989, a Revigrés volta a investir de forma expressiva na sua linha fabril, implementando a monocozedura de revestimentos cerâmicos – uma nova tecnologia em que foi pioneira em Portugal. Ao mesmo tempo, instalam-se unidades vocacionadas para o desenvolvimento de novas soluções, tanto ao nível dos materiais, como do *design*. Neste contexto, é inaugurado um laboratório de investigação e desenvolvimento, especializado no estudo das composições cerâmicas e controlo das matérias-primas, sendo também instalados laboratórios de fotografia e serigrafia, para o estudo e ensaio de novas soluções ao nível decorativo. No início da década de 90, o sector de escolha automática é ampliado, implementando-se a robotização da paletização. Em 1995 – no ano em que a empresa se torna a primeira do seu ramo a ser certificada pelo Instituto Português da Qualidade – os indicadores de eficiência foram beneficiados com a criação de um sistema informático integrado de apoio à armazenagem e expedição. Ao mesmo tempo, a Revigrés criou um gabinete de apoio ao cliente. Em 1997, coincidindo com a celebração do 20º aniversário da empresa, foi inaugurado o seu edifício comercial, com sala de exposição, auditório e escritórios. Tratou-se da materialização de um projecto de Álvaro Siza Vieira. Com o novo edifício, a Revigrés reforçou a sua dimensão comercial, também ampliada com

a abertura de uma nova sala de exposições no centro de Lisboa (P. M. Oliveira, 2006).



Figura 10 - Logotipo da Revigrés.

Hoje em dia, com reconhecimento a nível nacional e internacional, os produtos da Revigrés estão presentes nos vários continentes com inúmeras aplicações emblemáticas, como aeroportos, estações ferroviárias, lojas, restaurantes, centros comerciais, escritórios, hotéis, *stands*, de marcas tão diversas como a Fnac, TMN, McDonald's, Harrod's, Rolls Royce, ou a Mercedes, sendo que talvez o seu projecto mais notório no momento seja a de produção de mosaicos específicos para a Basílica La Sagrada Família, em Barcelona.

A sua missão, como indicada no *website*<sup>17</sup>, é a seguinte:

*“Ser a empresa líder do setor cerâmico, apostando fortemente no Design, na Inovação, na Investigação, na Qualidade Total, e no Serviço ao Cliente, procurando atingir elevados níveis de performance e rentabilidade, de forma sustentável. Reunir uma equipa coesa e orientada para novos desafios, de forma a explorar novas soluções para as exigências de estética e de bem-estar emergentes, e dar resposta às novas estratégias ambientais para a construção sustentável.”*

---

<sup>17</sup> [www.revigres.pt](http://www.revigres.pt)

### 3.3. A situação na Revigrés

De forma a facilitar a compreensão deste trabalho, interessa, desde logo, compreender que a Revigrés se encontra dividida em cinco unidades fabris, Fig. 11, cada uma com funções específicas e com um respectivo gestor de produção responsável.

- A unidade 1 (**U1**) é a unidade fabril mais antiga da empresa e dedica-se, de momento, à produção (transformação e rectificação) de mosaicos de monoporosa;
- A unidade 2 (**U2**) é a unidade fabril responsável pela produção de porcelanato técnico e porcelanato esmaltado. Existe também equipamento de rectificação nesta unidade, pelo que essa operação pode ser realizada nestas instalações;
- A unidade 3 (**U3**) é a unidade fabril dedicada à transformação de matérias-primas em pós;
- A unidade 4 (**U4**) é a unidade fabril dedicada aos processos de acabamento de superfície e de aresta;
- A unidade 5 (**U5**) é a unidade responsável pelos processos de decoração que não são subcontractados pela empresa. O volume de negócio dos decorados

é relativamente baixo e, por isso, é ínfima a fracção da produção total destinada a esta unidade.

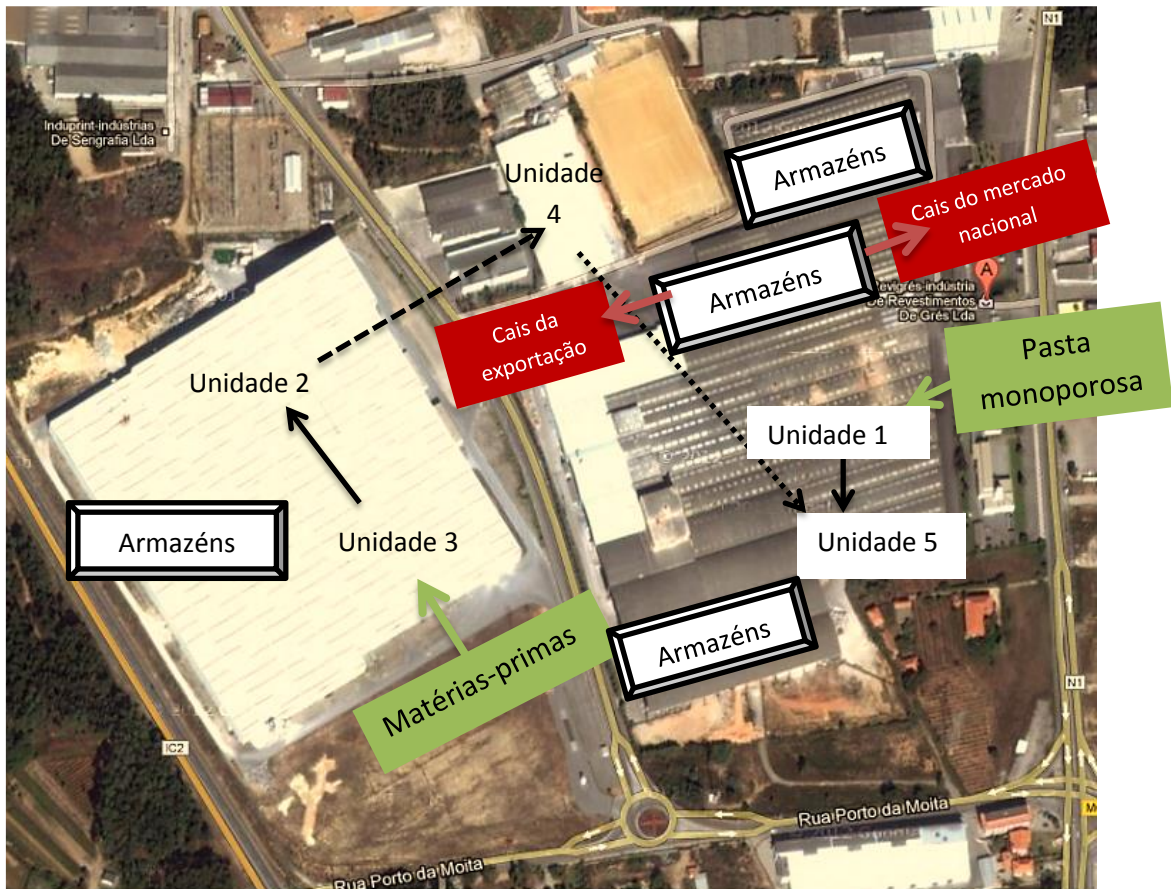


Figura 11 - Layout da empresa e fluxo de materiais entre todas as fases de produção possíveis. Fonte: próprio autor.

### 3.3.1. PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA

O processo produtivo da Revigrés tem início nos armazéns de matéria-prima da U3, onde os fornecedores descarregam minerais como feldspato, argilas, gravilha, etc. para serem usados como principal *input* na criação de mosaicos cerâmicos. Dependendo da quantidade de metros quadrados que a empresa pretende produzir, as matérias-primas são pesadas e dirigidas para parafusos especiais onde são fragmentadas em pedaços mais pequenos. A isto segue-se a moagem que reduz incrementalmente o tamanho do grão. O resultado são as matérias-primas em forma de pó. Esse pó entra, através de uma bomba, num tanque especial onde é mexido durante algumas horas. É depois misturado com água dando origem a uma espécie de pasta, semelhante a uma lama fina uniforme. A pasta entra no atomizador onde é secada de maneira a se adquirir um pó ainda mais uniforme e fino do que o primeiro. É bastante importante que a humidade do pó que sai da secagem seja controlada

(tipicamente entre 4% e 6%) para facilitar o processo de prensagem futuro. O tipo de pó que sairá do atomizador dependerá do tipo de mosaico que se deseje produzir. Este poderá, ainda, passar por um processo de coloração a seco, se se pretender que o futuro artigo final seja membro da família do **porcelanato técnico (PT)**<sup>18</sup>. Caso o pó não seja destinado ao PT neste ponto, é porque será destinado à família do **porcelanato esmaltado (PE)**. De qualquer maneira, os pós são armazenados em silos próprios, prontos a serem utilizados.

A Revigrés adquire ainda uma pasta pré-feita exteriormente que dará origem a produtos de menor resistência, próprios apenas para revestimentos<sup>19</sup> que formam a família da **monoporosa (MP)**. Esta apela a um mercado mais tradicional visto ser a família tecnologicamente mais antiga, e é produzida exclusivamente na unidade 1 (**U1**). A sua produção é semelhante, a partir deste ponto, à do PE.

A prensagem é a primeira fase essencial da produção de mosaicos. O pó obtido do silo é colocado em moldes especiais e comprimido por prensas automáticas com pressões variáveis. O proto-mosaico deve ser seco depois da prensagem, de maneira a remover a humidade que foi necessária à prensagem mas que se torna indesejável daí para a frente.

Os mosaicos pertencentes à família **PE** e **MP** passam, neste momento, por uma máquina onde são cobertos por esmalte vítreo. A família **PT** ignora completamente este processo, passando directamente ao seguinte.

Todos os mosaicos devem passar pelo forno, onde as temperaturas são incrementalmente aumentadas até ser atingido um pico e, depois, diminuídas. Este processo de cozedura permite aumentar a resistência dos mosaicos para certos valores de qualidade padrão, e dar-lhes uma forma. De seguida, os mosaicos passam por uma mesa de escolha de qualidade onde são separados em *sub-lotes* consoante as suas características de heterogeneidade. Aos mosaicos resultantes de todo este processo dá-se o nome comercial de **Naturais (NAT)**, que podem ser já vendidos a partir desta fase.

---

<sup>18</sup> Alguns artigos finais de PT aproveitam a cor natural do mosaico e, nesse caso, o pó não é corado neste ponto. A relevância é que, sempre que o pó é corado, dá origem a artigos finais da família PT.

<sup>19</sup> Revestimento diz respeito a paredes ou tectos, enquanto o pavimento é destinado ao chão e, por isso, precisa de características de resistência maiores.

No entanto, a empresa pode ainda encaminhar os materiais NAT para um processo de acabamento, de forma a aumentar o valor acrescentado do artigo final. Os processos de acabamento dividem-se em dois:

- **Acabamentos de superfície** – Exclusivamente fabricados na **U4**, e exclusivamente para as famílias **PT** e **PE**, estes colocam, através de uma abrasão na superfície, um certo brilho nos mosaicos, eliminando, ao mesmo tempo, relevos indesejáveis. Os mosaicos podem ser *polidos*, *semi-polidos*, *lapados* ou *satinados* dependendo da intensidade dessa abrasão, adquirindo, respectivamente, as designações de **POL**, **S-POL**, **LAP** ou **SAT**<sup>20</sup>. De referir que é possível que os processos de tratamento de superfície alterem a tonalidade dos mosaicos, pois a abrasão pode revelar uma camada superficial inferior diferente da superior;
- **Acabamentos de aresta** – Fabricados tanto na **U4** como na **U2** (e na **U1**, exclusivamente para a família MP). No final das linhas de produção da **U4** existem rectificadoras que conferem sempre um tratamento de aresta aos mosaicos que por ali passam (mesmo aqueles que sofrem acabamentos de superfície), de forma a uniformizar as dimensões para os valores padrão da empresa, ou para outras quaisquer pretendidas. Aos produtos que são *somente* rectificados, seja porque foram feitos na **U2** ou **U1**, seja porque o cliente assim o exigiu, atribui-se a designação de **RECT**.

Independentemente do acabamento, existe, no final do processo, uma segunda mesa de escolha, similar àquela existente para os mosaicos NAT, que faz, mais uma vez, um controlo de qualidade e classificação/separação dos mosaicos, antes destes serem propriamente embalados e armazenados. Qualquer um dos produtos poderá ainda seguir para a secção de decoração (**U5**), onde poderá ser cortado para rodapé, boleado e/ou decorado de diversas formas. Os trabalhos de decoração mais específicos são subcontratados com alguma regularidade.

---

<sup>20</sup> O **SAT** e o **LAP** são mutualmente exclusivos para qualquer referência de produto.



O diagrama seguinte, Fig. 12, resume os diferentes estágios de produção no âmbito deste documento – ou seja, aqueles estágios onde existe tipicamente acumulação de stocks.

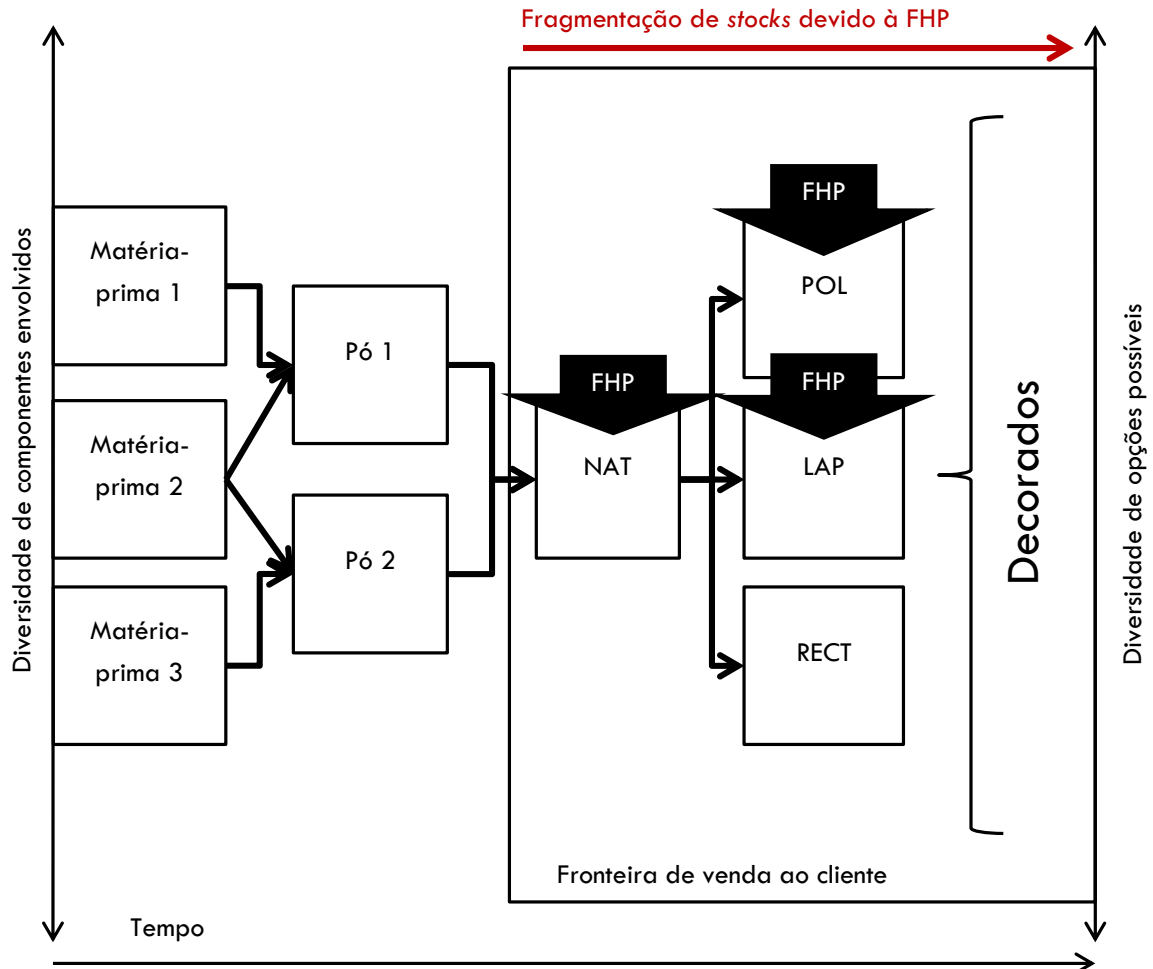


Figura 12 – Típicas fases de fabrico de um produto de PT na Revigrés. Fonte: próprio autor.

### 3.3.2. O PROBLEMA DA FALTA DE HOMOGENEIDADE DO PRODUTO NA REVIGRÉS

A FHP é traduzida na Revigrés ao nível dos três atributos geralmente definidos na literatura (Alarcón *et al.*, 2011) para a FHP na indústria cerâmica: a **qualidade**, a **tonalidade** e o **calibre**. O departamento da qualidade é responsável pela classificação e separação dos *sub-lotes* nas mesas de escolha situadas no final das linhas de produção, para que não haja misturas que diminuam o nível de serviço. Estes atributos são analisados, de seguida, em mais detalhe:

### 3.3.2.1. Qualidade

A **qualidade** tem a ver com eventuais defeitos de fabrico que confirmam características menos que óptimas à peça. Na Revigrés, os produtos podem ser classificados nas seguintes *classes*, consoante as suas características de qualidade:

- **1ª** – É a classe que se deseja fabricar, de melhor qualidade. Os mosaicos são classificados quanto à tonalidade e calibre;
- **2ª (ou Comercial)** – É uma classe para os mosaicos que apresentem alguns defeitos mínimos, mas cuja qualidade seja ainda muito semelhante à 1ª. São classificados quanto à tonalidade e calibre;
- **Std** – Certos produtos não são analisados pela qualidade o detalhadamente suficiente para serem separados em 1ª e 2ª classe, pelo que a sua classe de qualidade superior se designa Std;
- **3ª** – É uma classe para os mosaicos que apresentem visíveis defeitos e/ou qualidade inferior. Não são classificados quanto à tonalidade ou calibre;
- **Refugo** – É uma classe para os mosaicos da pior qualidade e de defeitos acentuados que estragam o aspecto estético do produto. Não são classificados quanto à tonalidade ou calibre. O único factor que os torna atractivos é o preço de venda;
- **RipRec** – Alguns mosaicos poderão apresentar defeitos perto das arestas, que a qualidade ache serem corrigíveis com técnicas de acabamento de aresta, de modo a serem recuperados como mosaicos de 1ª. A esses mosaicos dá-se a designação RipRec e o seu reaproveitamento é bastante vantajoso à empresa;
- **RipPol** – Outros mosaicos poderão apresentar defeitos superficiais, que a qualidade ache serem corrigíveis com técnicas de acabamento de superfície, de modo a serem recuperados como mosaicos de 1ª. A esses mosaicos dá-se a designação RipPol e o seu reaproveitamento é bastante vantajoso à empresa.

O autor observa ainda que o sistema ERP da empresa discrimina um mesmo produto que tenha qualidades diferentes como sendo produtos absolutamente diferentes, o que significa que, para o corrente sistema, um DUAL MARFIM NAT 30x60 1ª é tão diferente da sua versão de menor qualidade, um DUAL MARFIM NAT 30x60 3ª, como de um outro

qualquer produto de outra qualquer colecção, um CROM. ARG PRATA POL 60x60 1ª por exemplo. Visto que a característica da qualidade não é um parâmetro desejável nem controlável, esta discriminação não faz qualquer sentido e leva a que os planeadores dos acabamentos tenham que, morosamente, proceder ao seguinte processo, sempre que necessitam de material NAT:

1. Procurar material NAT em ripasse (RipRec e/ou RipPol) que seja suficiente para cobrir as necessidades;
2. Se o material no ponto 1 não for suficiente, procurar material NAT de 1ª classe com a mesma tonalidade e calibre e tentar fazer associações com material em ripasse de forma a obter um lote suficientemente grande para cobrir as necessidades.
3. Se o material no ponto 2 não for suficiente, utilizar exclusivamente material NAT de 1ª classe.

O autor sugere que se passe informaticamente a classe de qualidade para um **atributo** associado a um certo *stock*, a nível dos registos de estado de inventário, como já o são a tonalidade e o calibre, e não à referência do produto em si, de forma a facilitar a aglomeração de ripasses tanto por parte dos utilizadores como por parte do sistema sugerido no presente documento.

### 3.3.2.2. Tonalidade

A tonalidade está relacionada com a cor e a homogeneidade estética do mosaico. Um mosaico pode apresentar uma cor diferente da cor promovida ao cliente. Esta diferença, contudo, só é acentuada quando a peça obtida é contrastada com a promovida, lado a lado, Fig. 13. Logo, desde que o lote seja todo da mesma tonalidade, é possível satisfazer a encomenda do cliente.



A partir do momento em que a linha de produção começa a fornecer uma tonalidade diferente, é criado um novo *sub-lote* que não pode ser misturado com o anterior na satisfação da mesma encomenda. A tonalidade é, sem qualquer dúvida, o atributo da FHP mais complexo de controlar. Os colaboradores nas mesas de escolha, apesar de serem auxiliados por tonalizadoras que detectam as variações de tonalidade de mosaico para mosaico, classificam os mosaicos ainda “a olho”. O grande problema desta classificação manual é que, por muita experiência que os colaboradores tenham, torna impossível a conjugação dos lotes com as mesmas características que tenham datas de produção diferentes, o que se traduz na duplicação desnecessária de lotes tanto fisicamente como informaticamente.<sup>21</sup>

O autor supõe que seria possível criar uma base de dados que armazenasse as características de cor, homogeneidade, saturação e intensidade detectados pelas tonalizadoras, e de brilho detectado pelo espectrómetro, e lhes associasse uma determinada sensibilidade, semelhante à do olho humano, para a criação de uma *hiperesfera* no espaço multidimensional, para cada produto, que definisse a variação máxima de características de cada sub-lote desse produto. Os mosaicos de cada produto teriam depois um ponto de

---

<sup>21</sup> Um lote com um conjunto X de características FHP será classificado como “lote X”. Se um lote com o mesmo conjunto X de características sair, por acaso, numa ordem de produção futura, será classificado como “lote Y” e não será conjugado com o lote anterior, como seria o ideal.

referência absoluto, o que eliminaria o problema de conjugação descrito acima. Esta foi uma área que o autor dedicou algum do seu tempo por acreditar que uma solução para esse problema aumentaria em muito a eficiência do sistema proposto. Para uma maior clarificação sobre as conclusões deste esforço, consultar o anexo 1.

### 3.3.2.3. Calibre

Já o calibre diz respeito às variações nas dimensões da peça. Especificamente nos produtos NAT, a variação das dimensões é acentuada, pelo que, numa eventual venda a um cliente, o calibre de todo o lote deve ser homogéneo, de forma a minimizar os problemas de aplicação física dos mosaicos em superfícies que resultariam de outra maneira. O calibre deixa de ser um problema quando o produto é *rectificado*, pois essa operação deixa o produto com um qualquer calibre desejado, tendo em consideração que os calibres dos mosaicos *input* são maiores que o calibre que se pretende nos mosaicos *output*<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Por exemplo, é possível juntar na rectificação uma quantidade de produtos NAT de calibre 2 e outra de calibre 09 e obter um **RECT** de calibre 06.

### 3.3.3. O PLANEAMENTO E CONTROLO DA PRODUÇÃO NA REVIGRÉS

O planeamento na Revigrés é reactivo e começa com a determinação de prazos de entrega. O processo de promessa de prazos ao cliente é feito através de reuniões diárias entre os planeadores, que consideram quais os pedidos de disponibilidade feitos pelo departamento de vendas que conseguem satisfazer. Paralelamente e em reuniões semanais, é discutido entre os vários responsáveis pelo planeamento quais os produtos a fabricar para a semana seguinte, através de uma análise tanto dos níveis de *stock* dos produtos como dos prazos dados. A estrutura do funcionamento de ambas as reuniões é a seguinte, Fig. 14:

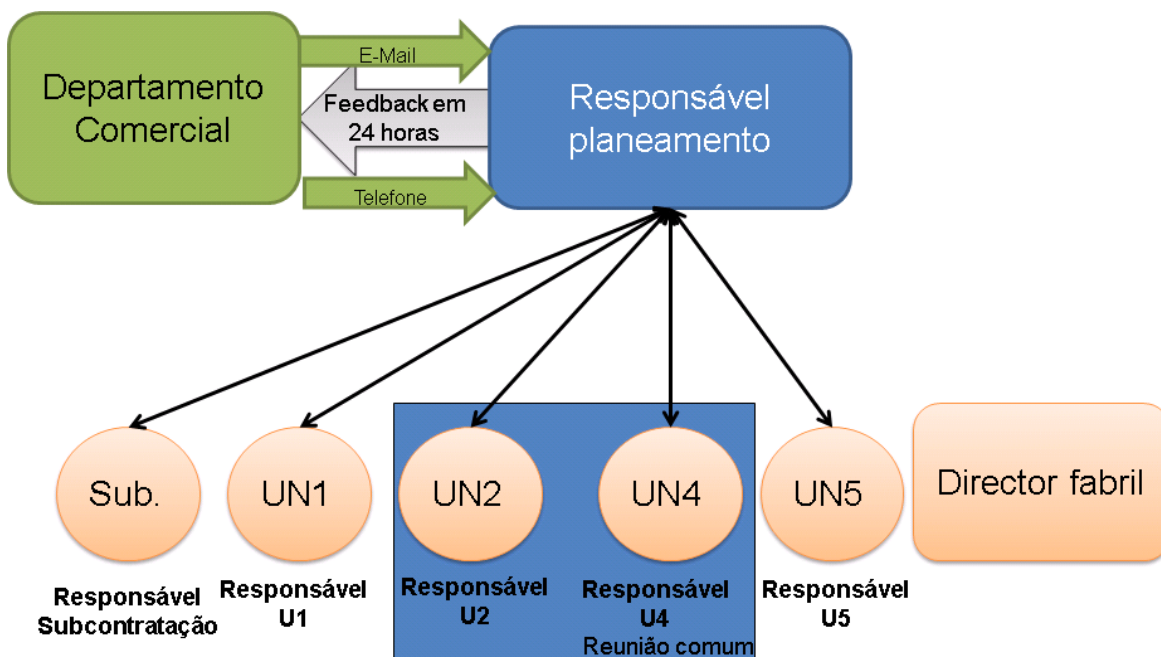


Figura 14 - Estrutura das reuniões de planeamento da Revigrés. Fonte: Instituto Kaizen

O planeamento operacional na Revigrés é, de momento, feito com recurso à técnica de ponto de reaprovisionamento: um intervalo de tempo é definido para o qual o *stock* de um determinado produto deve satisfazer a procura. A empresa adoptou recentemente os conceitos de MTO e MTS, sendo que, para um produto MTS, o planeamento consiste na produção de uma quantidade económica de encomenda quando o nível de *stock* cai abaixo de um determinado valor – o chamado nível de reaprovisionamento. O planeamento para um produto “MTO”<sup>23</sup>, por sua vez, é apenas considerado quando encomendado por um

<sup>23</sup> Apesar de a Revigrés designar alguns dos seus produtos como MTO, estes consistem mais propriamente em produtos CTO, visto que serão tipicamente fabricados a partir de componentes já existentes no momento da encomenda que provoca a produção dos mesmos.

cliente – nesse momento, uma quantidade que os planeadores achem ser suficiente para satisfazer essa encomenda e eventuais novas encomendas durante um desejado número de meses é planeada.

### 3.4. Conceptualização de um sistema de planeamento e controlo de produção para a Revigrés

O autor propõe para os produtos que cumprem o processo produtivo mais complexo (aquele que segue o trajecto U3-U2-U4) um MRPII centrado sobre uma versão simplificada do modelo de programação linear MP-CSC-LHP, da autoria de Mundi *et al.* (2012). A sua estrutura hierárquica de funcionamento será semelhante à estrutura genérica do MRPII, com a principal diferença consistindo na adição de um FAS para os produtos que sofram um processo de acabamento. O MPS, por sua vez, considerará a procura independente dos NATs juntamente com a procura dependente gerada pelo FAS. Ambos esses planos são suportados pelo planeamento agregado a montante e pelo controlo das actividades de produção a jusante.

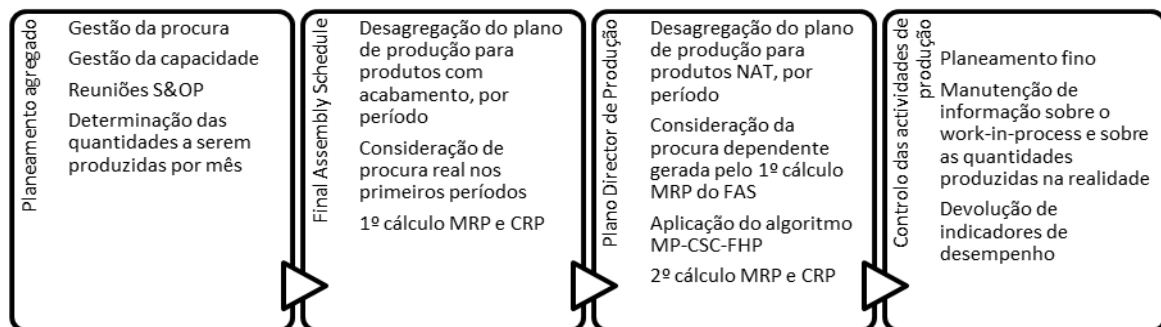


Figura 15 - Estrutura de actividades para cada passo do MRPII-FHP para porcelanatos técnicos e porcelanatos esmaltados. Fonte: Próprio autor.

O processo de produção da MP na U1 também deve ser considerado no MRPII. A sua relativa simplicidade (a MP só pode ser rectificada, e esse processo de acabamento está integrado na U1), não justifica, contudo, a inclusão de um FAS. Porque o seu funcionamento não interfere com o processo produtivo mais complexo, e por motivos de clareza no restante documento, apenas o processo de produção de PT e PE (U3-U2-U4) será considerado a partir deste ponto.

### 3.4.1. A GESTÃO DA PROCURA NA REVIGRÉS

A gestão da procura na Revigrés é feita de maneira desintegrada e reactiva. O departamento de vendas aborda os planeadores *diariamente* sobre a sua disponibilidade para produzir certas encomendas, de forma a poder prometer prazos aos clientes.

Como o *lead-time* cumulativo é bastante maior do que aquilo que os clientes estão dispostos a aguardar, o departamento de produção vê-se obrigado a basear-se em previsões da procura calculadas com base na média móvel, relativa aos últimos quatro meses de vendas. Esta produção antecipada baseada em previsões é necessária ao cumprimento dos curtos prazos de entrega de que a empresa tanto se orgulha. Contudo, o autor considera este método de previsão insatisfatório por três razões:

- As vendas não representam fidedignamente a procura real, e sim apenas a procura que a capacidade da empresa conseguiu satisfazer no passado. Isto significa que não há qualquer atenção à procura perdida a nível produtivo e, por isso, não há qualquer incentivo à captura dessa procura extra a nível operacional, além de se tornar difícil justificar eventuais investimentos em recursos (aumento da capacidade produtiva) aquando a construção do plano de negócio/orçamento;
- A média móvel é um indicador estatístico ineficaz para medir a **tendência** da procura para um determinado produto, o que seria útil para tornar possível, por exemplo, uma integração com as análises de ciclo de vida do produto. A tendência pode ser linear (a cada período vende-se mais/menos  $x$  do que no período transacto), exponencial (a cada período as vendas crescem/diminuem por um factor de 1.3), ou amortecida (no primeiro período as vendas são de  $x$ , no segundo de 80% do primeiro, no terceiro de 80% do segundo, etc.). No gráfico da Fig. 16, um determinado produto, campeão de vendas há vários anos, é exposto como estando em decadência nos últimos quatro. É uma tendência interessante, apesar de estar baseada em vendas e não na procura real, visto que a empresa até aumentou a sua capacidade produtiva durante o intervalo considerado;





Figura 16 - Exemplo de Tendência de vendas de um determinado produto. Fonte: próprio autor

- A média móvel é ainda cega à sazonalidade da procura. No exemplo seguinte, Fig. 17, o único mês cujo nível de vendas se consegue explicar por estar limitado pela capacidade é o de Agosto, visto que se dá o período de férias de Verão da empresa. É possível ainda observar picos de procura em Maio e Outubro que se explicam pela presença dos produtos da Revigrés em feiras de exposição nos meses anteriores a esses. Estas flutuações podem significar oportunidades escondidas e a sua apreciação é importante para determinar os níveis gerais de capacidade necessários com antecedência.

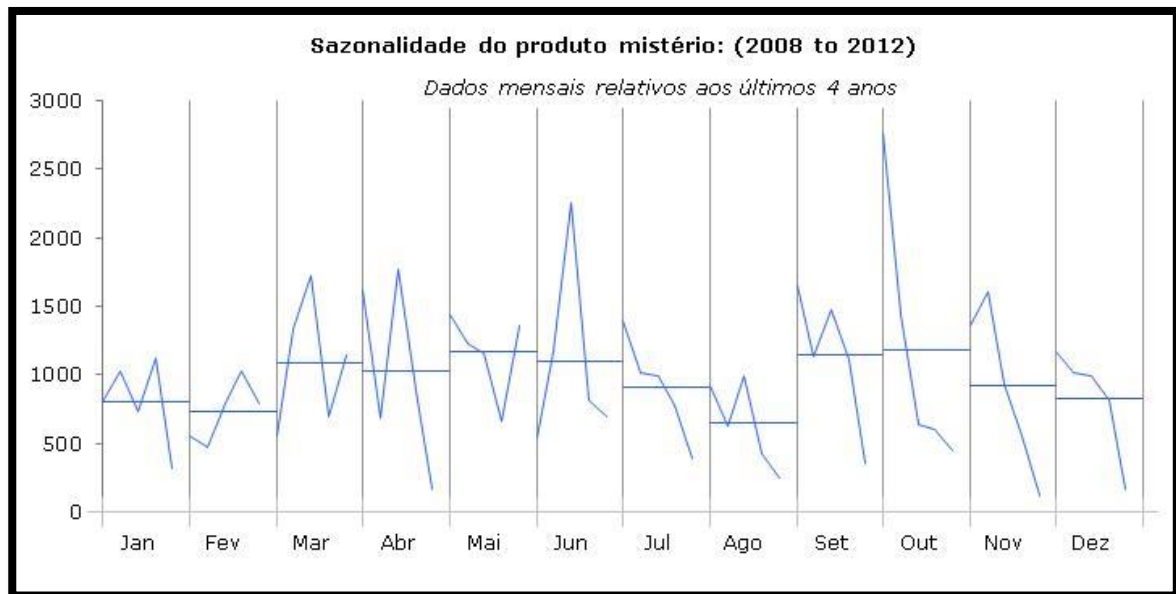


Figura 17 - Exemplo da sazonalidade de vendas de um determinado produto. Fonte: próprio autor

#### 3.4.1.1. Previsão da procura

Uma previsão da procura que contorne os problemas revelados acima deve ser desenvolvida de maneira a que as necessidades planeadas “para trás” pelo MRP possam ser preparadas com a devida antecedência. A previsão da procura deverá ser feita a nível dos produtos NAT, visto que estes representam o nível de produção com menos opções, além de serem a primeira fase sujeita à FHP. Deverá ainda vir discriminada por classe de cliente, como requerido pelo modelo matemático sugerido abaixo, e por procura dependente (dos acabamentos) e independente. A procura independente, por sua vez, deve começar a ser determinada com a consideração da procura perdida.

O autor propõe o ajuste exponencial triplo, também conhecido como método de **Holt-Winters**, como uma abordagem ao pretendido. Este método é apropriado quando tendência e sazonalidade vêm presentes em séries temporais. Decompõe a série temporal em três componentes: um componente base, um componente de tendência e um componente de sazonalidade. As fórmulas relevantes à aplicação deste método são as seguintes (Kalekar, 2004):

$$E_i = \alpha \left( \frac{y_i}{S_{i-c}} \right) + (1 - \alpha)(E_{i-1} + T_{i-1}) \quad \rightarrow \quad \text{Determinação do factor base.}$$

$$T_i = \beta(E_i - E_{i-1}) + (1 - \beta)T_{i-1} \quad \rightarrow \quad \text{Determinação do factor tendência.}$$

$$S_i = \gamma \left( \frac{y_i}{E_i} \right) + (1 - \gamma)S_{i-c} \quad \rightarrow \quad \text{Determinação do factor sazonalidade.}$$

$$yprev_{i+k} = (E_i + kT_i)S_{i+k-c} \quad \rightarrow \quad \text{Previsão da procura para o período } k \text{ (} k=1 \text{ se o período a ser previsto for o seguinte)}$$

O factor sazonalidade necessita de pelo menos um ciclo  $c$  de dados ( $c$  = número de períodos  $i$  por ciclo) como *input*, antes de poder ser calculado. Como se pode também rapidamente observar, a determinação dos factores é interdependente, pelo que paira a pergunta de como inicializar cada componente. Choong (2012) sugere que se faça  $S_i = \frac{y_i}{\left[ \left( \frac{1}{c} \right) (y_1 + y_2 + \dots + y_c) \right]}$ ,  $E_c = \frac{y_c}{s_c}$  e  $T_c = 0$ . Os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$  devem ser determinados de maneira a minimizar o desvio absoluto entre os dados previstos e reais.

A técnica de Holt-Winters foi implementada com sucesso em *software* de folha de cálculo e um exemplo para um determinado produto pode ser consultado no anexo 3. Foi utilizado o suplemento *Solver* do Excel, com o método de resolução *evolutionary*, para minimizar o desvio absoluto mediano entre os dados calculados e os reais, tornando possível achar os valores óptimos dos parâmetros descritos acima. Apesar de se poder logo observar uma melhoria em relação à média móvel, o autor observa que não foram utilizados dados aglomerados por família, formato, ou outro, nos seus cálculos, o que seria o ideal e provavelmente provocaria melhores resultados. Isto porque, como observável no caso apresentado, este método de previsão não lida muito bem com a intermetiência e irregularidade da procura independente – a aglomeração reduz o impacto dessas características.

### 3.4.2. A GESTÃO DA OFERTA NA REVIGRÉS

A gestão da oferta da Revigrés torna-se mais complexa do que o normal, pois deve lidar com a incerteza provocada pela FHP. Historicamente, fê-lo com recurso à acumulação de

*stocks* de produto final. Esta abordagem revelava-se algo válida enquanto a procura era composta por encomendas escassas que requeriam enormes volumes de produto. A empresa, no entanto, viu, como tantas outras, a natureza da sua procura inverter-se nos últimos anos. Esta é agora caracterizada maioritariamente por muitas encomendas requerendo baixas quantidades de produto. Este facto, aliado à crescente obsessão por parte da indústria em geral pelo *lean manufacturing*, acentua os problemas da FHP – é hoje bastante mais difícil justificar a sobreprodução exagerada de um produto.

No entanto, uma empresa como a Revigrés, possuidora de uma longa cadeia de valor interna, necessita de acumular *stocks* em alguma fase do seu processo produtivo para garantir prazos competitivos. Para o autor, o local que faz mais sentido para essa acumulação é nos silos de pós, pois a fragmentação de inventário causada pela FHP, e todas as desvantagens associadas, aparecem apenas dos NATs a jusante. O processo produtivo da Revigrés passaria a ser integralmente **focado na repetição**, com uma política CTO, ao contrário do misto confuso entre MTS, MTO e CTO que apresenta de momento. Com a colocação do ponto de desacoplamento nos pós, a empresa poderia perfeitamente adoptar um regime MTS, ou mesmo o JIT, a montante (visto que a U3 aparece como uma clássica *flow shop*), enquanto seria conduzida pelo MRP nas unidades a jusante, aquelas onde o ambiente produtivo é caracterizado como sendo um *flexible flow shop*.

A produção de NATs seria já orientada para a procura total (independente mais dependente), e tentaria satisfazer cada **segmento de clientes** com um respectivo *sub-lote* homogéneo. As quantidades a serem produzidas seriam calculadas pelo MP-REV-FHP. Para isso, o MPS terá de ser planeado em função dos NATs, com um plano subordinado, o plano de montagem final (**FAS**), dedicado aos processos de acabamento e à devolução de uma procura dependente para o MPS.

De referir ainda que, para a decoração (U5), o volume de negócio é tão baixo (menos que 3% do volume total) e os produtos tão específicos que as suas necessidades podem ser (e devem ser) satisfeitas através dos *stocks* fragmentados que, inevitavelmente, ainda resultarem do processo produtivo. Caso não hajam *stocks* disponíveis, facilmente se podem colocar encomendas internas no FAS ou MPS.

Com esta abordagem pesada, em termos de informação, em mente, torna-se essencial um correcto planeamento da capacidade de maneira a que os planos se mantenham realistas com os limites de capacidade da empresa. Esta gestão da capacidade

deve começar ao nível das reuniões S&OP, onde se deve tentar observar os níveis gerais de capacidade necessários. O autor propõe fazer um primeiro plano de recursos ao nível do plano de produção, tanto para os produtos NAT como para os acabados, considerando já a capacidade média necessária para tempos de *setup* entre famílias, formatos e/ou produtos, tempos necessários à manutenção, etc. A Revigrés possui já implementado o conceito de *Overall Equipment Efficiency* e este pode ser perfeitamente utilizado na determinação dessas capacidades.

Esta gestão da capacidade prévia é importante porque o MPS usará um modelo matemático para calcular as quantidades já respeitando a capacidade disponível de cada linha, que deve ser determinada, de alguma maneira, anteriormente. Um RCCP deve ser feito ainda a nível do FAS com o intuito de viabilizar o plano nas linhas de acabamento.

### 3.4.3. REUNIÕES S&OP

O autor vê a reunião industrial e comercial, ou **reunião S&OP**, como o momento perfeito para a consolidação de opiniões de todos os intervenientes, directos e indirectos, para o *output* da produção. O funcionamento pretendido inicialmente para as reuniões é o exposto como genérico na literatura. Os intervenientes são apresentados na tabela 6, tendo em conta as suas possíveis contribuições para o plano de produção, e as vantagens para a empresa que cada uma dessas participações poderá trazer.

Tabela 6 - Intervenientes indicados à participação nas reuniões S&OP da Revigrés. Fonte: Próprio autor

Interveniente	Participação	Vantagem
Direcção de vendas	Níveis de procura estimados e reais. Indicadores de desempenho relativos aos níveis de satisfação da procura e nível de serviço.	Conjugação do plano de produção com o mercado.
Direcção de produção	<i>Rough-cut capacity plan</i> . Indicadores de desempenho relativos aos níveis gerais de produção passados.	Conjugação do plano de produção com a capacidade de produção.
Marketing	Gestão do ciclo de vida dos produtos.	Análise do ciclo de vida dos produtos e determinação dos melhores momentos para a introdução/descontinuação de

		produtos novos/obsoletos. Consideração de oportunidades de afectação da procura.
Direcção administrativo-financeira	Incrementação dos valores monetários previstos em orçamento para cada família e formato de mosaico, ao plano de produção	Consolidação com o orçamento e o plano de negócio. Planeamento de recursos.
Qualidade	Estimativa das quantidades de sub-lotes homogéneos que resultam das condições presentes da fábrica.	Antecipação dos <i>sub-lotes</i> de produções futuras.
Compras	Averiguação da conformidade do plano de produção com o statu quo dos fornecedores.	Conjugação com as actividades dos fornecedores. Gestão de fornecedores.
Direcção logística	Incrementação de condições relativas à distribuição e à armazenagem.	Averiguação de necessidades de armazenagem e distribuição futuras.
Executivo sénior	Estabelecimento de uma direcção geral para a reunião e prestação de uma actividade de moderação.	Integração da estratégia da empresa com os planos táticos. Garantia de uma reunião S&OP eficiente.

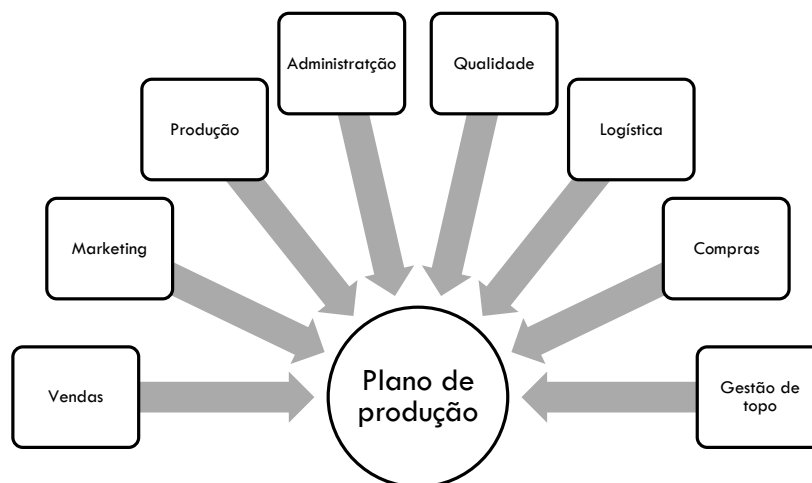


Figura 18- Estrutura desejada para a reunião S&OP. Fonte: Próprio autor

O objectivo é o de chegar a um plano de produção, discriminado por produto, separado por procura dependente, e por procura independente, esta subdividida ainda nas respectivas classes de encomenda. A estrutura pretendida deve apresentar um *horizonte rolante*, Tabela 7, isto é: apesar de se planearem com maior atenção as quantidades mais imediatas – aquelas já afectadas por procura real – devem também ser estimadas as quantidades desejadas para os próximos meses, de maneira a que haja uma projecção da intenção da produção, útil à organização e à própria coordenação da produção. O autor relembra, mais uma vez, que o sistema MRP planeia *para trás*, ou seja, faz com que as necessidades para uma certa quantidade planeada de artigo final possam ter que começar a ser preparadas com muitos meses de antecedência. O autor deixa o número de meses a serem considerados ao critério da Revigrés, mas recomenda pelo menos 12 meses para se poderem considerar devidamente as sazonalidades.

Tabela 7 - Estrutura do plano de produção pretendida. Fonte: próprio autor

	Horizonte rolante →					
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
<b>Dual Marfim NAT 30x60</b>						
Procura acabamentos	500	700	400	900	1000	400
Procura NAT classe A	600	300	500	800	300	600
Procura NAT classe B	400	300	200	500	100	200
Procura NAT classe C	100	50	100	80	100	20
<b>Total Dual Marfim NAT 30x60</b>	<b>1600</b>	<b>1350</b>	<b>1200</b>	<b>2280</b>	<b>1500</b>	<b>1220</b>
<b>Dual Marfim NAT 60x60</b>						
Procura acabamentos	1200	1000	900	1200	800	700
Procura NAT classe A	600	800	600	900	600	300
Procura NAT classe B	500	300	200	400	300	200
Procura NAT classe C	100	100	50	200	200	150
<b>Total Dual Marfim NAT 60x60</b>	<b>2400</b>	<b>2200</b>	<b>1750</b>	<b>2700</b>	<b>1900</b>	<b>1350</b>
<b>Capacidade total disponível</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>

Através de métodos gráficos, é possível analisar o impacto das cargas produtivas planeadas à medida que estas são alteradas. As decisões inerentes ao planeamento de recursos quando a averiguação do efeito de colocação das cargas produtivas na

capacidade disponível são aquelas associadas ao plano agregado (subcontratar, colocar em *backorder*, etc.).

O exemplo na figura 19 é uma representação gráfica da tabela 7 e demonstra oportunidades de melhoria numa redistribuição de cargas: em Março seria boa ideia promover produtos de forma a aproveitar a capacidade disponível excessiva da empresa, enquanto Abril parece um mês candidato ao acréscimo de um turno extra de produção. Alternativamente, alguma da produção de Abril poderia ser antecipada para Março. Este tipo de decisões dizem maioritariamente respeito ao ajuste inicial entre as vendas e a produção mas, com a incrementação de factores relevantes por parte dos outros intervenientes, poderão ter de ser reajustadas durante a reunião.

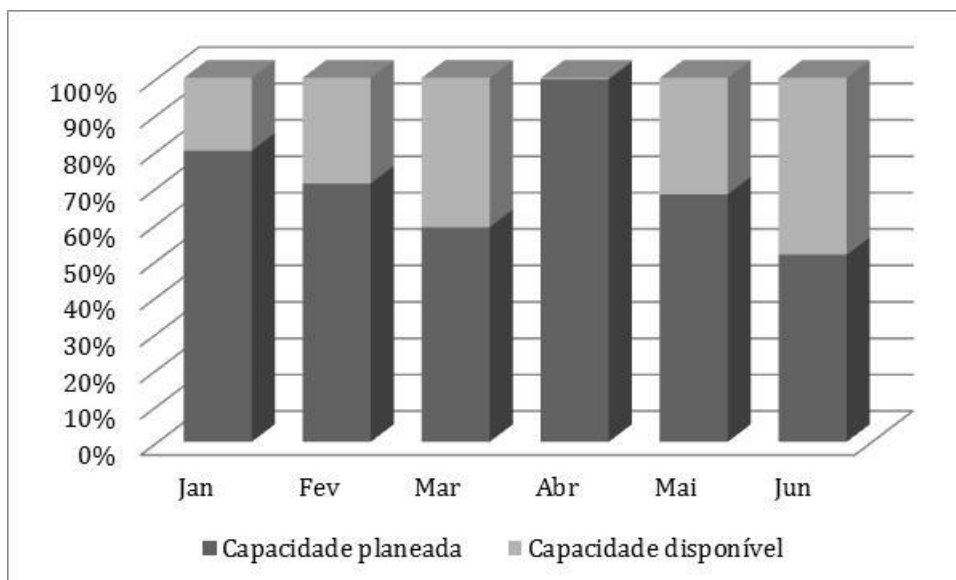


Figura 19 – Perfis de carga relativos a um plano de produção. Fonte: Próprio autor

Depois de aprovado, o plano de produção servirá como principal *input* ao planeamento a nível operacional, tanto do MPS como do FAS.

#### 3.4.4. DINÂMICA DO PLANEAMENTO OPERACIONAL

O FAS deve ser planeado em primeiro lugar, visto que vai gerar procura dependente no MPS. A tabela 8 demonstra a interacção pretendida entre o FAS e o MPS. As áreas a cinzento-escuro são delimitadas pela **cerca temporal**, onde mudanças são indesejáveis por causarem instabilidade imediatamente a montante. Esse período deve ser parametrizável



pelo utilizador e mudanças de emergência durante o mesmo devem ser imediatamente comunicadas a quem quer que seja responsável pela produção a montante. A área a cinzento-claro diz respeito ao **segmento firme** do plano. Os planos toleram melhor as mudanças durante este período, desde que não sejam exageradas. A área a branco representa os períodos pertencentes ao **segmento experimental**, definida como sendo o período para além do *lead-time* cumulativo, onde mudanças extremas podem ser feitas. As matrizes devem ainda apresentar a característica de **horizonte rolante** em relação à presente semana, e a quantidade de semanas a serem exibidas deve ser parametrizável.

Os planeadores devem considerar a procura real nos próximos períodos como factor fulcral à sua tomada de decisão: no exemplo da tabela 8, a procura vem expressa nos períodos imediatos em procura real (vermelho), nos períodos intermédios numa combinação da procura real-prevista (a amarelo), e nos períodos longínquos exclusivamente com a prevista (a verde). Este clássico esquema de cores destina-se a informar o planeador, de forma intuitiva, quais os períodos mais apropriados a mudanças.

A previsão da procura detalhada para um acabamento específico pode ser facilmente adquirida através da divisão da previsão agregada da procura para os acabamentos de um produto por quatro semanas, multiplicada pela fracção média de vendas de um acabamento em relação ao conjunto total de acabamentos, durante um parametrizável número de semanas passadas. A previsão detalhada por acabamento não é muito importante, pois a procura dependente que o FAS irá gerar no MPS aglomera a procura para todos os acabamentos a que um certo NAT possa estar sujeito. Já a previsão da procura para um produto NAT pode ser adquirida através da divisão, também por quatro semanas, das quantidades de procura independente previstas no plano de produção.

Tabela 8 – Interação do FAS com o MPS, por semana. Fonte: Próprio autor

FAS Dual Marfim 30x60		Janeiro					Fevereiro			Março		
POL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cobertura = 4; Lead-time = 1	Procura	50	40	20-30	15-30	10-30	5-30	5-30	30	30	30	
	Planeado FAS	150							120			
	Inventário	70	150	110	90	75	65	60	55	30	120	
	ATP	20	110	90	75	65	60	55	25	30	120	
	<b>RECT</b>											
	Procura	70	100	60-80	50-80	30-90	50-90	40-90	90	100	100	
	Planeado FAS	340						300				
	Inventário	100	340	270	210	160	130	80	300	210	110	
	ATP	30	270	210	160	130	80	40	300	210	110	

MPS Dual Marfim 30x60		Janeiro					Fevereiro			Março	
NAT		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lead-time=1	Procura Dependente (FAS)					300	120				
	Procura Independente	100	120	300	150-200	100-300	50-300	20-300	300	350	350
	Planeado MPS	Modelo MP-REV-FHP									
	Inventário										
	ATP										

O planeador do MPS, para além de assegurar o abastecimento da sua própria procura independente, terá também de lidar com a procura dependente gerada pelo FAS, ao mesmo tempo que tenta minimizar o impacto da FHP a jusante e reduzir os custos de produção associados aos *setups* entre famílias, formatos e tipos de produto. A complexidade deste problema seria proibitiva para uma resolução puramente manual, pelo que surge, como solução, o modelo MP-REV-FHP, apresentado na próxima sub-secção.

### 3.4.5. O MODELO MPS-REV-FHP

O modelo de programação linear inteira mista MP-CSC-LHP (*Master Planning-Ceramic Supply Chain – Lack of Homogeneity in the Product*), sugerido por Mundi *et al.* (2012), emerge como uma solução para o problema do planeamento director de produção em cadeias de abastecimento vítimas da FHP. Este, por sua vez, foi adaptado do modelo MP-RDSINC (Alemany *et al.*, 2010), que não considerava a fragmentação do lote de produção.

Os autores do modelo MP-CSC-LHP apresentam-no como capaz de “definir um MPS que antecipe a FHP e que providencie o **processo de promessa de prazos** com informação fidedigna sobre as quantidades homogéneas no futuro.”

O autor do presente trabalho adaptou o modelo à realidade da Revigrés, MPS-REV-FHP, acabando por torná-lo mais simples. As principais diferenças entre o modelo original e o adaptado estão relacionadas ao facto do original se aplicar a uma cadeia de abastecimento de mosaicos cerâmicos com várias fábricas, armazéns, centros logísticos e lojas distribuídos geograficamente, o que não é, de todo, o caso da Revigrés. A tabela 9 apresenta as diferenças entre o modelo MP-CSC-FHP e o modelo MP-REV-FHP:

Tabela 9 - Diferenças entre o modelo MP-CSC-FHP e o proposto. Adaptado de Mundi *et al.* (2012)

<i>Modelo MP-CSC-FHP</i>	<i>Modelo MPS-REV-FHP</i>
Consideração dos custos de transporte entre uma rede formada por um conjunto de lojas $w$ (sem capacidade de armazenagem) associada a certos elementos pertencentes a um conjunto de centros logísticos $q$ (também sem capacidade de armazenagem) abastecidos por um conjunto de armazéns $a$ .	A Revigrés satisfaz todas as suas encomendas a partir dos seus armazéns. Os conjuntos de lojas e centros logísticos e os seus custos associados não foram considerados. Como os seus armazéns estão centralizados geograficamente no mesmo sítio, foi declarado que $\alpha=1$ .
Consideração da existência de um conjunto de fábricas $p$ dispersas geograficamente que abastecem os armazéns $a$ com	A Revigrés possui várias unidades fabris. Contudo, como se pretende aplicar o modelo simplificado unicamente à U2 (ou à U1, paralelamente) foi estabelecido que

<p>determinados custos de transporte associados.</p> <p>O modelo considera que uma determinada fábrica <math>p</math> é abastecida de componentes/matérias-primas por um conjunto de fornecedores <math>r</math> com determinadas capacidades de abastecimento associadas.</p>	<p><math>\rho=1</math>. Os custos de transporte entre essa unidade e o armazém são assumidos serem constantes para todos os produtos.</p> <p>A Revigrés produz os seus próprios pós cerâmicos, pelo que o seu único “fornecedor” é a U3. Visto que as necessidades para a U3 serão calculadas por MRP, torna-se desnecessário ter esta consideração no modelo.</p>
--	--

Os restantes pressupostos do modelo original são, contudo, extremamente aplicáveis à realidade da empresa considerada: o modelo considera que existem várias linhas de produção em paralelo, com capacidade limitada, e que nem todos os produtos podem ser fabricados em cada uma dessas linhas. Em adição, considera os tempos de *setup* entre famílias de produto através do cálculo de custos associados ao tempo perdido. Destacando a importância que esses custos têm para a organização, o modelo obriga a que a produção de uma certa família de produtos seja colocada numa linha de produção que já esteja dedicada a essa família no período considerado, durante um número mínimo de períodos consecutivos parametrizável. Considera ainda os tempos de *setup* entre produtos da mesma família, de maneira a que mudanças de formato ou de pigmentação possam ser também consideradas. Pressupõe ainda que, devido a factores tecnológicos que provocam perdas de qualidade, quando um produto é fabricado numa certa linha de produção, a quantidade produzida deve ser um montante maior ou igual a um determinado *tamanho de lote mínimo*.

O modelo aborda a FHP através do pressuposto de que vão aparecer *sub-lotes* homogéneos diferentes dentro da 1ª classe de qualidade produzida. O dimensionamento das quantidades a serem produzidas é feito de maneira a que um número inteiro de encomendas, pertencentes a cada **classe de encomenda**, possa ser satisfeito por quantidades homogéneas pertencentes a cada *sub-lote* previsto. Para este efeito, as classes de encomenda devem ser definidas de acordo com o lucro que proporcionam à organização. O modelo pressupõe ainda que as previsões da procura são feitas com respeito à **segmentação dos clientes**<sup>24</sup> (Mundi *et al.*, 2012). Estas considerações permitem o procedimento de um **planeamento de alocação**, que se dá entre o MPS e o processo de promessa de prazos ao cliente, e consiste num esforço no sentido de reduzir o risco da promessa de ATP escarço aos clientes errados (ou seja, àqueles que significam menores margens de lucro). Fá-lo através da reserva de quotas de ATP, consoante a previsão da procura para cada classe de clientes, no médio-prazo, de maneira a que a promessa de prazos seja feita em relação a essas quotas quando as encomendas derem realmente entrada no curto-prazo (Meyr, 2009).

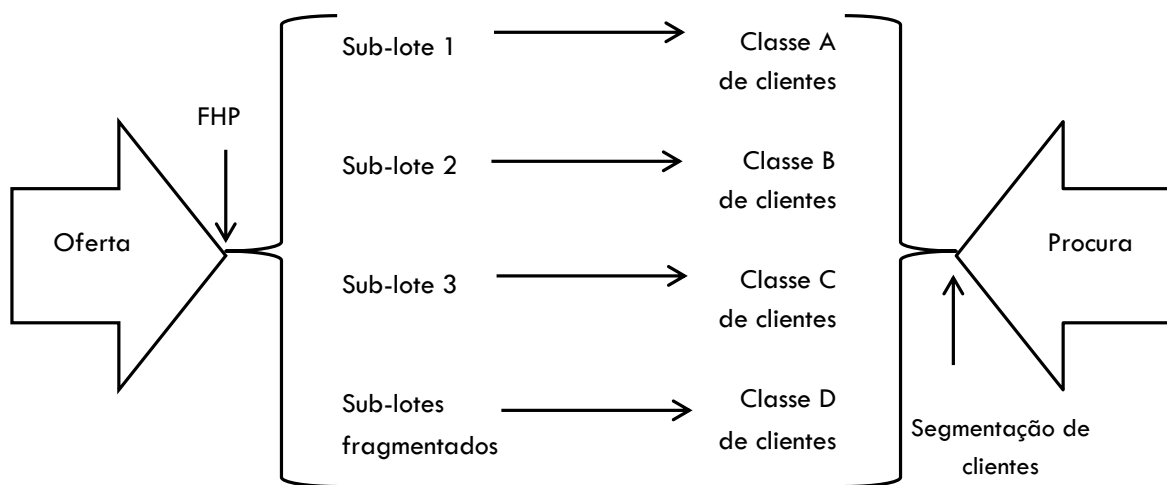


Figura 20 – Principal pressuposto do modelo sugerido. Fonte: Próprio autor.

O modelo MP-REV-FHP é, de seguida, apresentado:

---

<sup>24</sup> Esta pode ser feita facilmente com recurso a uma análise com base no princípio de Pareto. Alternativamente, Meyr (2009) apresenta um modelo matemático.

Tabela 10 – Índices do modelo MP-REV-FHP. Adaptado de Mundi *et al.* (2012)

<i>i</i>	Artigos NAT ( $i=1, \dots, I$ )
<i>f</i>	Famílias de produto ( $f=1, \dots, F$ )
<i>k</i>	Classes de encomenda ( $k=1, \dots, K$ )
<i>t</i>	Períodos de tempo ( $t=1, \dots, T$ )

Tabela 11 - Conjuntos de índices do modelo MP-REV-FHP. Adaptado de Mundi *et al.* (2012)

$I(l)$	Conjunto de artigos <i>i</i> que podem ser produzidos na linha de produção <i>l</i>
$F(l)$	Conjunto de famílias <i>f</i> de produto que podem ser produzidas na linha de produção <i>l</i>
$I(f)$	Conjunto de artigos <i>i</i> pertencentes à família <i>f</i>

Tabela 12 - Parâmetros do modelo MP-REV-FHP. Adaptado de Mundi *et al.* (2012)

$capacidade_{lt}$	Capacidade disponível (tempo) da linha de produção <i>l</i> durante o período <i>t</i>
$nconforme_i$	Percentagem de não-conformidades esperada nos artigos <i>i</i>
$primeiraq_i$	Percentagem esperada de $m^2$ dos artigos <i>i</i> que podem ser vendidos como 1ª qualidade.
$custoprod_{il}$	Custo de produção de um $m^2$ de artigo <i>i</i> na linha de produção <i>l</i>
$custosetup_{fl}$	Custo de <i>setup</i> para a família de produto <i>f</i> na linha de produção <i>l</i>
$custosetup_{il}$	Custo de <i>setup</i> para o artigo <i>i</i> na linha de produção <i>l</i>
$tprod_{il}$	Tempo de produção de um $m^2$ de artigo <i>i</i> na linha de produção <i>l</i>
$tsetup_{fl}$	Tempo de <i>setup</i> para a família de produto <i>f</i> na linha de produção <i>l</i>
$tsetup_{il}$	Tempo de <i>setup</i> para o AF <i>i</i> na linha de produção <i>l</i>
$lotemin_{il}$	Tamanho de lote mínimo (em $m^2$ ) a ser produzido do artigo <i>i</i> na linha de produção <i>l</i>
$tminprod_{fl}$	Tempo de processamento mínimo (expresso como um múltiplo do período de tempo usado) da família de produto <i>f</i> na linha de produção <i>l</i>
$ss_i$	Stock de segurança de artigo <i>i</i> no armazém

$custostock_{ik}$	Custo de retenção de inventário de uma unidade de artigo $i$ da classe de encomenda $k$ no armazém durante um qualquer período
$custoback_{ik}$	Custo de <i>backorder</i> de uma unidade de artigo $i$ para a classe de encomenda $k$ durante um qualquer período
$preço_{ik}$	Preço de venda de artigo $i$ para a classe de encomenda $k$
$maxback_k$	Quantidade máxima de <i>backorder</i> permitida por classe de encomenda $k$ num período, expressada como uma percentagem da procura desse período
$M1, M2$	Números inteiros muito grandes
$tamedenc_{ik}$	Tamanho médio da encomenda de artigo $i$ para a classe de encomendas $k$
$procura_{kt}$	Previsão da procura/ procura real de artigo $i$ para a classe de encomenda $k$ no período $t$
$\beta1_{il}$	Percentagem da quantidade de artigo $i$ produzida na linha $l$ em qualquer período que pode ser considerada como o primeiro sub-lote homogéneo de artigo $i$
$\beta2_{il}$	Percentagem da quantidade de artigo $i$ produzida na linha $l$ em qualquer período que pode ser considerada como o segundo sub-lote homogéneo de artigo $i$
$\beta3_{il}$	Percentagem da quantidade de artigo $i$ produzida na linha $l$ em qualquer período que pode ser considerada como o terceiro sub-lote homogéneo de artigo $i$

 Tabela 13 - Variáveis de decisão do modelo MP-REV-FHP. Adaptado de Mundi *et al.* (2012)

$QTDF_{ft}$	Quantidade de família de produto $f$ produzida na linha de produção $l$ no período $t$
$QTDI_{ilt}$	Quantidade de artigo $i$ produzido na linha de produção $l$ no período $t$
$XI_{ilt}$	Variável binária com um valor de 1 se o artigo $i$ é produzido na linha $l$ no período $p$ , ou de 0 caso contrário
$XF_{ft}$	Variável binária com um valor de 1 se a família de produto $f$ é produzida na linha $l$ no período $t$ , ou de 0 caso contrário
$YI_{ilt}$	Variável binária com um valor de 1 se houver um <i>setup</i> de um artigo $i$ na linha de produção $l$ no período $t$ , ou de 0 caso contrário
$YF_{ft}$	Variável binária com um valor de 1 se houver um <i>setup</i> de uma família de produto $f$ na linha de produção $l$ no período $t$ , ou de 0 caso contrário

<b>STOCK<sub>ikt</sub></b>	Inventário de artigo i no armazém disponível para a classe de encomenda k no período t
<b>VENDAS<sub>ikt</sub></b>	Quantidade de artigo i vendido para a classe de encomenda k durante o período t
<b>BACKO<sub>ikt</sub></b>	Quantidade em <i>backorder</i> de artigo i para a classe de encomenda k durante o período t
<b>NENCL<sub>ilkt</sub></b>	Número de encomendas de artigo i da classe de encomenda k que pode ser satisfeita a partir do lote de artigo i a ser produzido na linha l no período t
<b>NENCL1<sub>ilkt</sub></b>	Número de encomendas de artigo i da classe de encomenda k que pode ser satisfeito a partir do primeiro sub-lote homogéneo de artigo i a ser produzido na linha l no período t
<b>NENCL2<sub>ilkt</sub></b>	Número de encomendas de artigo i da classe de encomenda k que pode ser satisfeito a partir do segundo sub-lote homogéneo de artigo i a ser produzido na linha l no período t
<b>NENCL3<sub>ilkt</sub></b>	Número de encomendas de artigo i da classe de encomenda k que pode ser satisfeito a partir do terceiro sub-lote homogéneo de artigo i a ser produzido na linha l na no período t
<b>NENCTOT<sub>ikt</sub></b>	Número de encomendas de artigo i da classe de encomenda k que pode ser satisfeito a partir de lotes de artigo i a serem produzidos em todas as linhas no período t



$$\begin{aligned}
 & \text{Máx} \sum_t \sum_i \sum_k \text{preco}_{ik} * \text{VENDAS}_{ikt} \\
 & - \sum_t \sum_l \sum_{i \in I(l)} \text{custoprod}_{il} * \text{QTDI}_{ilt} \\
 & - \sum_t \sum_l \sum_{f \in Fl(l)} \text{custosetup}_{fl} * \text{ZF}_{flt} \\
 & - \sum_t \sum_l \sum_{i \in I(l)} \text{custosetup}_{il} * \text{ZI}_{ilt} \\
 & - \sum_t \sum_i \sum_k \text{custostock}_{ik} * \text{STOCK}_{ikt} \\
 & - \sum_t \sum_i \sum_k \text{custoback}_{ik} * \text{BACKO}_{ikt}
 \end{aligned}$$

A função objectivo expressa o lucro total através dos períodos de tempo considerados, subtraindo os custos totais às receitas totais. As receitas dizem respeito aos valores obtidos das vendas. Os custos incluem os custos de produção, os custos de *setup* de família para família e de produto para produto, os custos de retenção de inventário e os custos de *backordering*. Aparece sujeita às seguintes restrições:

$$\sum_{f \in Fl(l)} t \text{setup}_{fl} * \text{ZF}_{flt} + \sum_{i \in I(i)} (t \text{setup}_{il} * \text{ZI}_{ilt} + t \text{fprod}_{il} * \text{QTDI}_{ilt}) \leq \text{capacidade}_{lt} \quad \forall l, t$$

Esta restrição assegura que a capacidade necessária para o *setup* das famílias e artigos para cada período de tempo, mais o tempo necessário à produção dos lotes associados a cada linha, não excede a capacidade disponível para cada linha, para cada período.

$$\text{QTDF}_{flt} = \sum_{i \in I(f)} \text{QTDI}_{ilt} \quad \forall f \in Fl(l), t$$

Esta restrição impõe que a quantidade a ser produzida por família, em cada linha de produção, em cada período, iguale a soma das quantidades produzidas de artigos pertencentes a cada uma dessas famílias que irão ser produzidas em cada específica linha de produção.

$$QTDI_{ilt} \geq lotemin_{il} * XI_{ilt} \quad \forall i \in Il(l), t$$

Esta restrição garante que, caso uma quantidade de um certo artigo seja produzido numa certa linha de produção, essa quantidade deve ser maior ou igual a um tamanho mínimo de lote pré-estabelecido.

$$QTDI_{ilt} \leq M1 * XI_{ilt} \quad \forall l, i \in Il(l), t$$

$$QTDf_{flt} \leq M2 * XF_{flt} \quad \forall l, f \in Fl(l), t$$

Restrições que se asseguram que apenas uma quantidade realista de artigo  $i$ , ou família  $f$ , pode ser produzida numa linha de produção, com o pressuposto de que a produção deste artigo, ou família, foram associadas a essa linha.  $M1$  e  $M2$  são números inteiros suficientemente grandes.

$$YI_{ilt} \geq XI_{ilt} - X_{ilt-1} \quad \forall l, i \in Il(l), t$$

Relaciona a variável de *setup*  $ZI_{ilt}$  às variáveis de planeamento de produção no período presente e anterior. Uma mudança para o produto  $i$ , na linha  $l$ , ocorre no período  $t$ , se e só se  $X_{ilt} = 1$  e  $X_{ilt-1} = 0$ .

$$\sum_i YI_{ilt} \geq \sum_i XI_{ilt} - 1 \quad \forall l, t$$

Torna possível “reservar” uma mudança para um dos artigos  $i$ , se a sua produção na linha foi interrompida no final do período  $t-1$ , e continua no período  $t$ .

$$YF_{flt} \geq XF_{flt} - XF_{flt-1} \quad \forall l, f \in Fl(l), t$$

$$\sum_f YF_{flt} \geq \sum_f XF_{flt} - 1 \quad \forall l, t$$

Restrições semelhantes às de cima mas relativas às famílias do produto, ao invés dos artigos específicos.

$$\sum_{t=t'}^{t'+tminprod_{fl}-1} YF_{flt} \leq 1 \quad \forall l, f \in Fl(l), t' = 1, \dots, T - tminprod_{fl} + 1$$

Esta restrição assegura-se que uma linha de produção está preparada para a produção de uma família de produto, pelo menos durante o tempo de processamento mínimo pré-estabelecido para essa família de produto nessa linha particular.

$$(1 - nconform_i) * primeiraq * \beta_{1il} * QTDI_{ilt} = \sum_k NENCL1_{ikl} * tamedenc_{ik} \quad \forall l, i, t$$

$$(1 - nconform_i) * primeiraq_i * \beta_{2il} * QTDI_{ilt} = \sum_k NENCL2_{ikl} * tamedenc_{ik} \quad \forall l, i, t$$

$$(1 - nconform_i) * primeiraq_i * \beta_{3il} * QTDI_{ilt} = \sum_k NENCL3_{ikl} * tamedenc_{ik} \quad \forall l, i, t$$

Restrições que reflectem a separação de um lote específico em três sub-lotes homogêneos de 1ª classe de qualidade ( $\beta_{1il} + \beta_{2il} + \beta_{3il} = 1$ ). Facilmente se adaptaria esse número para um qualquer desejado. Através destas restrições, o tamanho dos lotes a serem produzidos, por produto  $i$ , são decididos tendo em conta as diferentes classes de encomenda que podem ser servidas por cada sub-lote homogêneo.

$$NENCL_{ikl} = NENCL1_{ikl} + NENCL2_{ikl} + NENCL3_{ikl} \quad \forall i, \forall l, \forall k, \forall t$$

Esta restrição calcula, para cada período de tempo, classe de encomenda, e artigo final, o número total de encomendas pertencentes a uma determinada classe que podem ser servidas a partir de um certo lote de produto, somando os correspondentes números de encomendas servidas por cada sub-lote resultante desse lote.

$$NENCTOT_{ikt} = \sum_l NENCL_{ikl}$$

Esta restrição deriva o número de encomendas pertencentes a cada classe de cliente que é possível satisfazer através da produção planeada.

$$STOCK_{ikt} = STOCK_{ikt-1} + NENCTOT_{ikt} * tamedenc_{ik} - VENDAS_{ikt} \quad \forall i, k, t$$

Esta restrição representa o balanço de inventário para cada artigo final  $i$ , classe de encomenda  $k$  e período de tempo  $t$ .

$$VENDAS_{ikt} + BACKO_{ikt} - BACKO_{ikt-1} = procura_{ikt} \quad \forall i, k, t$$

Como é permitido *backordering* de encomendas, as vendas podem nem sempre coincidir com a procura para um determinado período. As quantidades em *backorder* são calculadas utilizando esta restrição.

$$BACKO_{ikt} \leq \text{maxback}_k * \text{procura}_{ikt} \quad \forall i, k, t$$

Esta restrição limita as quantidades em *backorder* por classe de encomenda, por período, em termos de percentagem de procura para cada período.

$$\sum_k STOCK_{ikt} \geq ss_i \quad \forall i, t$$

Esta restrição força à manutenção um nível de inventário igual ou superior a um nível de *stock* de segurança desejado.

$$QTDF_{flt}, QTDI_{ilt}, STOCK_{ikt}, VENDAS_{ikt}, BACKO_{ikt}, NENCL_{ilt}, NENCL1_{ikt}, NENCL2_{ikt}, NENCL3_{ikt},$$

$$NENCTOT_{ikt} \in \mathbb{Z} \geq 0 \text{ e } X_{ilt}, Y_{flt}, ZF_{flt}, ZI_{ilt} \in \{0,1\} \quad \forall f \in F, \forall i \in I, \forall l \in L, \forall k \in K, \forall t \in T$$

Restrições de não-negatividade, de integralidade e de definição de variáveis.

#### 3.4.5.1. Validação do modelo

O modelo foi implementado e resolvido com recurso ao CPLEX 12.5 (versão x86). Para três produtos, duas famílias, quatro períodos e quatro classes de encomenda, é encontrada uma solução óptima em cerca de 20 segundos. O autor justifica a utilização de dados fictícios, por não ser possível passar os dados do ERP da empresa para o seu computador pessoal, por motivos de confidencialidade. O código e dados utilizados podem ser consultados no anexo 2.

#### 3.4.6. PROMESSA DE PRAZOS AO CLIENTE E OS STOCKS FRAGMENTADOS

O ATP serve como auxílio ao departamento de vendas para o processo de promessa de prazos ao cliente. Neste caso, tanto para o FAS como para o MPS, o ATP para um determinado período, para uma determinada classe de cliente, é igual à **quantidade que se espera estar disponível da última produção do respectivo artigo, para aquele período, para aquela classe de cliente**. Uma quantidade de inventário que sobrar de uma produção anterior à última não deve ser mais considerado no campo “Inventário” a partir do momento

em que se dá uma nova produção, visto que a conjugação de lotes é assumida como sendo impossível. O que restar das produções anteriores à mais recente deve ser tratado como *stock fragmentado*.

*Stocks fragmentados* são os stocks de pequenas quantidades de material que se acumulam facilmente em quantidades brutas substanciais devido à impossibilidade de acumulação de *sub-lotes* diferentes, o que os torna particularmente difíceis de escoar. O presente destino deste tipo indesejado de *stocks*, se nenhum cliente se mostrar interessado na sua aquisição, é de visitar vários sítios do armazém, até acabar partido ou numa estante a apanhar pó. Eventualmente, será desclassificado para 3ª classe de qualidade, onde não há distinção entre *sub-lotes*, o que se traduz como uma perda de valor. Com a aplicação de uma abordagem CTO, o autor especula que os *stocks fragmentados* passem a ser compostos por *sub-lotes* de maior quantidade e menor variedade, o que os torna, de certa forma, mais úteis. Isto é possível porque os restos de uma produção anterior à mais recente serão considerados imediatamente como *stock fragmentado*, ao invés de deixar, passivamente, que estes apareçam a partir de restos de *sub-lotes* que foram produzidos, em regime MTS, há meses.

Apesar da sua ampliada utilidade, os *stocks fragmentados* são assumidos como sendo aleatórios e, por isso, representam um *buffer* instável de inventário que contribui para uma libertação de capacidade produtiva a jusante em níveis variáveis de período para período. Porque a sua ajuda como *buffer* de inventário é incerta, é importante que sejam activamente minimizados, através do seu constante reaproveitamento. Antes de reservar uma quantidade de ATP, a direcção de vendas deve considerar duas situações:

1. Averiguação da existência de *stocks fragmentados* de produtos NAT, ou acabados, e da possibilidade de satisfazer directamente as encomendas de produtos NAT, ou acabados, com os *sub-lotes* homogéneos encontrados, e reajustar os níveis de procura;
2. Averiguação da existência de *stocks fragmentados* de produtos NAT e da possibilidade de satisfazer encomendas de produtos com *acabamento* através da transformação dos *sub-lotes* homogéneos encontrados. A direcção de vendas deverá associar um conjunto desses *sub-lotes* a um conjunto de clientes e, no próximo cálculo MRP do FAS para o MPS, as quantidades relativas a esse conjunto deverão ser subtraídas às necessidades brutas dependentes

impostas no MPS, de maneira a libertar capacidade produtiva a nível do MPS e a escoar material. Antes disso, contudo, a direcção de vendas deve consultar o cliente para averiguar se este é tolerante a aguardar pela próxima produção agendada no FAS para o produto desejado, devendo até sugerir descontos incentivadores nesse sentido.

Se não existir nenhum *sub-lote* homogéneo de *stocks* fragmentados suficientemente grande para satisfazer uma determinada encomenda, ou se o cliente não estiver interessado em aguardar pela próxima produção, pode-se então “reservar” uma quantidade de ATP relativo à última produção. A desclassificação de *stocks* fragmentados para 3ª em último caso deve ser feita com uma certa frequência e obedecendo a determinados critérios, como o tempo em armazém ou a complementação à procura de produtos de 3ª classe de qualidade.

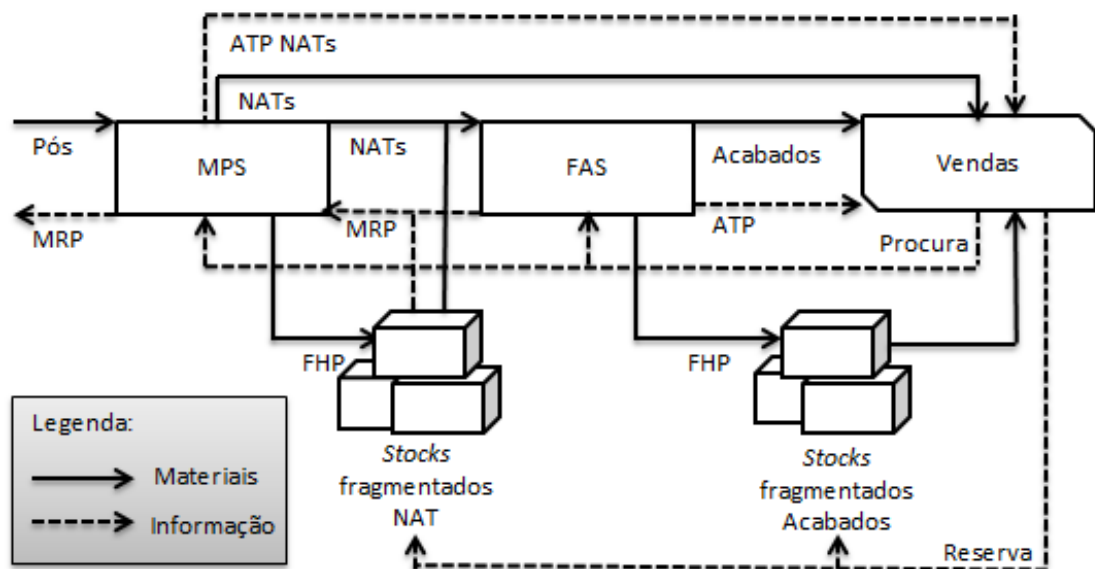


Figura 21 - Dinâmica pretendida para os fluxos de materiais e informação. Fonte: próprio autor

### 3.4.7. MRP E CRP

O cálculo MRP aparece como a ligação entre o FAS, o MPS, e as restantes actividades produtivas a montante. É o MRP que vai conjugar todos os acabamentos planeados num FAS numa única quantidade de procura dependente para um certo produto NAT no MPS, indicando também *quando* estes serão precisos. É também o MRP que vai conjugar todas as

necessidades planeadas para os NATs e calcular as quantidades e *timing* necessários para os pós. Dos pós para trás, depende da intenção da empresa de cobrir toda a sua cadeia produtiva com o MRPII ou não. Facilmente se juntariam as matérias-primas como necessidades para a produção de pós. A vantagem imediata desta decisão seria a de conjugar a gestão de compras e, por consequente, os fornecedores com os *timings* sugeridos pelo MRP – a possibilidade de envolver os fornecedores de forma automática no processo é um passo importante em direcção à gestão de toda a cadeia de abastecimento.

Para o cálculo MRP, contudo, é necessário definir uma BOM para cada produto. A Revigrés não possui ainda este conceito, pelo que é um dos principais requisitos à possível implementação de todo o sistema sugerido. Um exemplo de uma BOM multinível para o produto Dual Bege 30x60 RECT é apresentado de seguida:

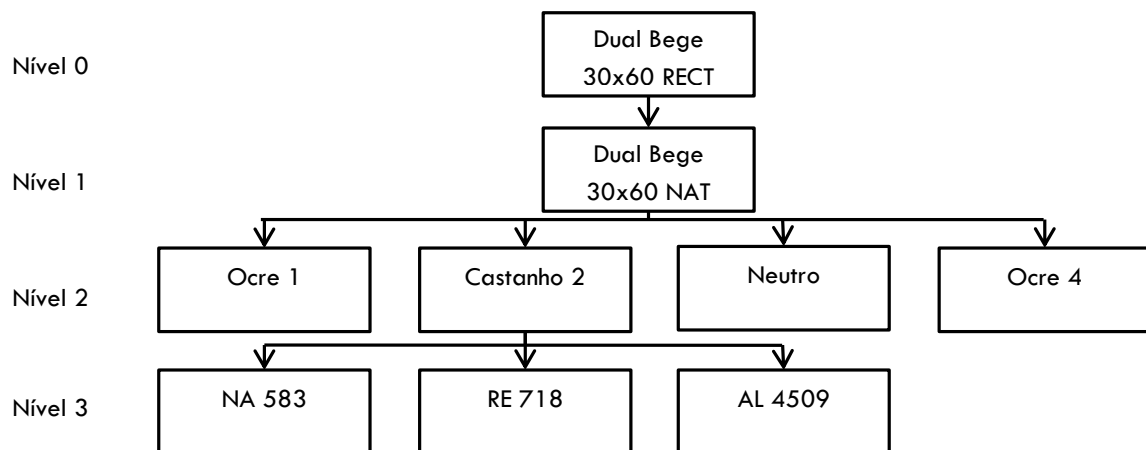


Figura 22 - BOM multi-nível para o Dual Bege 30x60 RECT. Fonte: Próprio autor

O nível 0 é o relativo ao produto acabado. O MRP calculará as necessidades de nível 1 para todos os acabamentos que dependam de um determinado NAT. O nível 1 é o nível dos NATs – estes devem conter informação apropriada sobre as receitas dos pós de nível 2, visto que os mesmos pós misturados em quantidades diferentes podem perfeitamente dar origem a NATs diferentes. Já o nível 3 é o nível das matérias-primas. O autor deixa ao critério da Revigrés a inserção de necessidades *consumíveis* nos BOM ou não – por exemplo, são necessárias certas quantidades de água e corantes para a construção de pós, de esmalte para a produção dos NATs de porcelanato esmaltado, etc.

Em contrapartida, o CRP não aparenta ter qualquer barreira à sua implementação, visto que a empresa já possui gamas operatórias definidas para cada produto. Cada gama operatória deverá ser associada a uma BOM. Além disso, cada artigo deverá ter associado a si mesmo um par BOM-gama operatória **alternativo**. Isto porque, em situações de emergência, existe a possibilidade de obter um artigo NAT de um certo formato cortando-o de um formato maior. Esta deve ser uma opção possível no momento da construção dos planos intermédios (MPS e FAS). Se seleccionada, o MRP deve calcular primeiro as existências das necessidades como explícitas na BOM principal e, se o seu cálculo estimar que não há maneira de estas serem satisfeitas a tempo, sugerir então cortar quantidades de material de formato maior que não estejam já reservadas, através do par BOM-gama operatória alternativo.

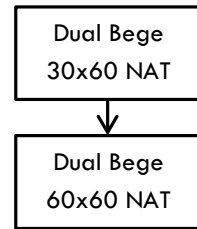


Figura 23 – BOM alternativa para o Dual Bege 30x60 NAT

Paralelamente ao cálculo das necessidades definitivas, através do MRP, deve-se proceder ao CRP. O CRP será feito a partir do MPS e ficará encarregado de certificar que existe capacidade disponível nos centros de trabalho a montante.

### 3.4.8. CONTROLO DAS ACTIVIDADES DE PRODUÇÃO NA REVIGRÉS

As actividades de controlo estão já algo formalizadas na Revigrés. Existe já um controlo *input/output* e uma actualização dos estados das ordens de trabalho a nível do ERP. O ideal seria a integração de um novo módulo de planeamento fino no ERP, que recebesse as quantidades planeadas pelo sistema de planeamento por período, de maneira a permitir uma sequenciação apropriada. Este módulo deveria ainda ser integrado com informação a tempo real sobre o *work-in-process*.

Actualmente, a sequenciação da produção é feita através de folhas de cálculo actualizadas manualmente todos os dias, de manhã, antes de se iniciarem os trabalhos. É feita com atenção, em primeiro lugar, aos tempos de *setup* entre diferentes famílias, formatos, apresentação ou mesmo a unicidade de cada produto e, em segundo lugar, a eventuais prazos dados especificamente para o meio da semana (raro).

É favorável fabricar, por exemplo, todos os produtos de formato 30x60 seguidos, de maneira a minimizar o impacto negativo no tempo útil que a reorganização da linha de



produção entre formatos diferentes implicaria. De forma semelhante, é favorável colocar produtos RECT na transição de um acabamento de superfície para outro (**POL** para **SAT**, por exemplo), pois é possível à linha continuar a operar somente com a rectificadora, que é independente dos equipamentos de acabamento de superfície que podem, entretanto, ser propriamente mudados. Estes podem ser assim devidamente preparados sempre que exista uma mudança no processo desejado, sem que o seu tempo de *setup* diminua o tempo útil da linha de produção. Seria possível criar, no futuro, uma matriz de prioridades entre produtos de forma a automatizar este processo – contudo, a enorme variedade de referências de produtos da Revigrés faz com que seja, de momento, mais prático basear-se na experiência dos supervisores de produção.

O autor sugere uma interface *drag n' drop* para o sequenciamento das operações para cada linha de produção, de maneira a permitir uma reorganização intuitiva das mesmas. O utilizador deverá ter a possibilidade de *congelar* certas operações, de maneira a garantir datas de entrega fixas para produtos que assim o necessitem. Os eventuais tempos de *setup* da produção de um produto para outro devem também aparecer visualmente, consoante a sequência em que estes estão organizados. O utilizador poderá ainda definir tempos de manutenção e outras paragens de linha. Desta maneira, o utilizador procederá ao planeamento fino para cada semana, de maneira a minimizar os tempos de *setup*, cumprir prazos e possuir um referencial de orientação daquilo que se devia estar a

passar na unidade fabril versus aquilo que realmente está a acontecer. Uma interface como a seguinte seria suficiente, Fig. 24:

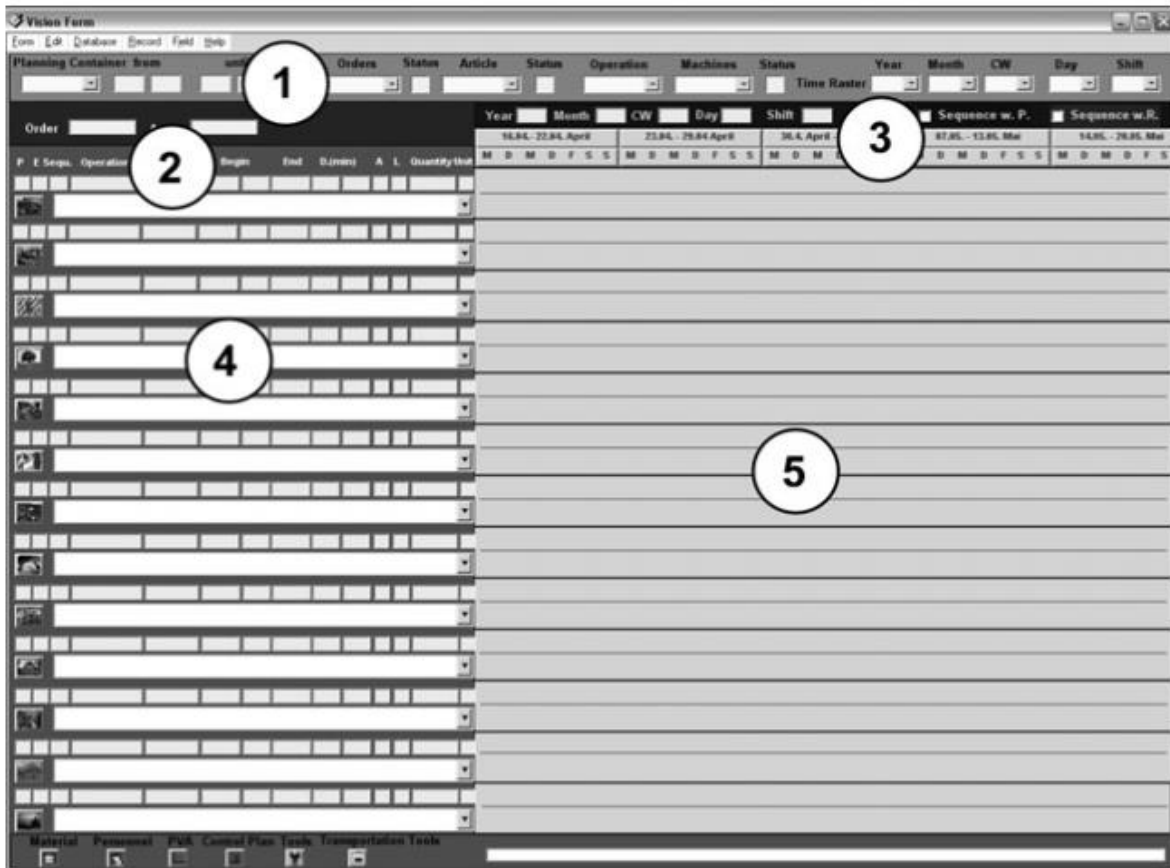


Figura 24 - Interface genérico de um centro de controlo. Fonte: Meyer et al. (2009)

Esta interface vem dividida numa secção de filtragem de informação (1), onde é possível seleccionar o período de planeamento e o objecto (centro de trabalho, máquina, produto, etc.), uma secção de selecção de objectos (2) de acordo com uma orientação ao produto, indicando todas as máquinas, linhas, estações, etc. por onde está planeado que este passe, ou com uma orientação à máquina, onde todas as ordens de trabalho agendadas para uma determinada máquina (ou centro de trabalho) podem ser analisadas. Na orientação ao produto, os recursos individuais são representados no eixo dos yy (4), e as operações são representadas como diagramas de Gantt (5), tornando possível analisar quais as ordens de trabalho com as quais um recurso está, ou vai estar, ocupado. Na orientação à máquina, as ordens de trabalho seleccionadas são representados no eixo dos yy (4), e a combinação operação-recurso é representado também por um gráfico de Gantt, tornando possível a análise da produção de um artigo ao longo das várias máquinas/centros de trabalho. A secção de representação gráfica (5) deve ser capaz de demonstrar, através dos diagramas de Gantt, a situação planeada versus a real (Meyer et al., 2009).

### 3.5. Flexibilidade do sistema sugerido

O autor considera que o sistema por si sugerido até agora é demasiado estático para lidar com as variações do planeado. Isto porque, além de ter que lidar com as fontes de variação normais associadas ao MRP e ao próprio processo produtivo, a Revigrés tem de lidar com a variação na oferta resultantes da FHP. O modelo MP-REV-FHP apoia-se demasiado nas estimativas dos sub-lotes homogéneos de produto para se tornar fidedigno ao ponto de substituir o planeamento informal feito de momento. Essas estimativas serão, inicialmente, puramente opinadas pelos gestores e, por isso, espera-se que o *output* real seja bastante diferente do planeado. Para lidar com essa variação, o autor recorre à teoria das restrições.

O gargalo do processo produtivo é, sem qualquer dúvida, a Unidade 2. Dentro da U2, o gargalo são os dois fornos que operam em paralelo 24 horas por dia, 7 dias por semana. Contudo, não é necessária a especificidade, por enquanto, e é assumido que toda a U2 é um gargalo – isto porque, apesar de a U4 apresentar uma menor capacidade, a U2 deve lidar com cerca de 60% de procura independente e 40% de dependente, e a sua corrente capacidade revela-se como insuficiente.

O que o autor sugere é a diminuição da carga planeada para a U2, de modo a permitir a existência de um *buffer* de capacidade. Atrás da U2, na U3, deve ser guardado um *stock* de pós que assegure que a U2 funciona sempre aos níveis desejados. O que se pretende é que estes dois *buffers* substituam a necessidade de acumular stocks fragmentados de mosaicos, colocando, efectivamente, o ponto de desacoplamento nesta fase antecedente. A capacidade disponível na U2 deve ser, portanto, dividida em duas: a **capacidade normal** e a **capacidade reactiva**.

O *buffer* de capacidade dá espaço de manobra à produção para acrescentar *input* às linhas se assim acharem necessário para cumprir as quantidades homogéneas planeadas, emulando preventivamente aquilo que já acontece de forma reactiva, de forma a evitar atrasos. Por exemplo, se for assumido no modelo MP-REV-FHP que se deveriam produzir 5000 metros quadrados de material para se obterem 2000 de lote de classe A, 1500 de lote de classe B, 1000 de lote de classe C e 500 de *stocks* fragmentados, é bastante possível que, durante essa produção, a mesa de escolha no final da linha, após contar o devido material que entretanto já passou por ali, antevêja que não será possível a obtenção dos 2000 metros para a classe A que se tinham planeado inicialmente, utilizando apenas os 5000 metros iniciais. A mesa de escolha deve então lançar imediatamente um alarme ao

supervisor para que se possa devidamente entregar mais material no início da linha, a tempo de este poder chegar antes do próximo *setup*. O *buffer* de stock a nível dos pós é, por isso, também bastante importante para permitir esta flexibilidade.

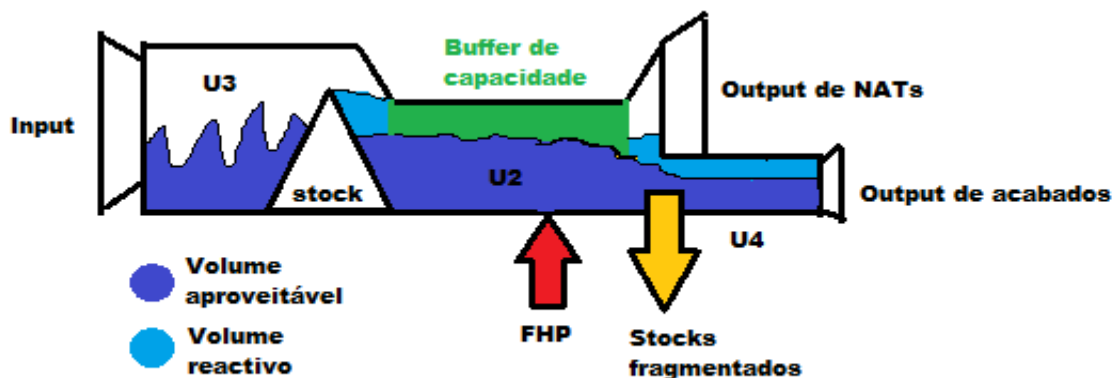


Figura 25 - Efeito desejado do buffer de capacidade na cadeia. Fonte: próprio autor

A figura acima pretende ilustrar os *buffers* propostos. O *buffer* de stock de pós localizado antes da U2 serve primariamente duas funções: não permitir a passagem do efeito chicote vindo dos fornecedores e da U3 para jusante, e garantir a disponibilidade de material para as eventuais necessidades de emergência do *buffer* de capacidade. O volume aproveitável (aquele que pode ser usado para satisfazer a procura relativa ao período) de mosaicos é representado a azul-escuro. O efeito da FHP faz-se notar durante a passagem dos mosaicos pela U2 e provoca uma descida, assumida como aleatória, desse volume. O *buffer* de capacidade deve ser, então, utilizado para reagir a essas descidas e elevar novamente os volumes totais àqueles pretendidos (azul-claro + azul-escuro), permitindo um maior controlo sobre aquilo que se pretende fabricar e aquilo que é realmente fabricado.

O *buffer* de capacidade deve ser determinado, por experiência e tentativa e erro, de maneira a “cobrir” a capacidade libertada aquando o reaproveitamento dos stocks fragmentados de NATs para satisfação de encomendas. Isto permite a reintegração dos stocks fragmentados de NATs sob forma de capacidade, ignorando as suas características FHP. Todas as capacidades referidas durante o documento deveriam ter em consideração apenas a **capacidade normal** do gargalo, deixando a **reactiva** disponível para lidar com a FHP numa base *ad hoc*.

### 3.6. Implicações para a gestão

A implementação de um sistema orientado pela conceptualização proposta neste documento implicaria alterações significativas à gestão da produção. Os seus esforços deveriam focar-se em alguns novos aspectos, para além daqueles associados à implementação de um qualquer novo sistema de informação:

- Optimização, e não maximização, do recurso gargalo. A teoria das restrições afirma que se deve aproveitar o recurso gargalo ao *máximo* mas, neste caso, esse máximo deve respeitar o *buffer* de capacidade que deve ser devidamente determinado de maneira a permitir uma previsibilidade sobre todo o sistema;
- Diminuição do *lead-time* cumulativo na U2-U4. Quanto menor for este *lead-time*, mais o sistema se apoiará em procura real ao invés da prevista;
- Investigação sobre as fracções de sub-lotes homogéneos esperados, de forma a permitir a previsão dos efeitos da FHP sobre a produção;
- Utilização de dados fiáveis e actualizados. De outra maneira, o sistema rapidamente se torna inútil.

O sistema traria inúmeras vantagens, se bem aplicado. Entre elas, o autor especula que a diminuição de níveis de *stock* a médio e longo-prazo, a disponibilização de ATP para informar as vendas dos prazos de forma instantânea (o que, por sua vez, acabaria com as reuniões diárias de atribuição de prazos), uma maior integração de toda a cadeia de abastecimento e o aumento do nível de serviço ao cliente sejam as mais apelativas aos interessados.

## 4. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

As empresas afectadas pela falta de homogeneidade no produto podem adoptar uma mentalidade de vítima ou podem ver essa situação como uma oportunidade de diferenciação em relação aos seus concorrentes. A literatura existente sobre a falta de homogeneidade no produto é praticamente toda de origem espanhola. Espanha é um dos principais centros tecnológicos de produção de mosaicos cerâmicos. O autor não acha que isto seja uma coincidência.

A indústria cerâmica é, historicamente, uma das indústrias mais importantes na região centro de Portugal, e a Revigrés uma das grandes empresas que contribuiu para essa importância. A sua competição hoje em dia é global, com os principais produtores sendo Espanha – mesmo “aqui ao lado”, – Itália mais próximo do resto da Europa, e a China emergente como maior exportador de mosaicos cerâmicos através dos seus preços competitivos. Uma gestão eficiente da FHP pode ser um factor diferenciador interessante para a Revigrés, que pode aproveitar para baixar os seus custos de produção e armazenagem, e aumentar o nível de serviço ao cliente. Nesse sentido, um sistema de planeamento e controlo de produção que lida com a FHP é conceptualizado neste trabalho.

Mesmo tendo os requisitos impostos pela Revigrés em mente, o autor considera que este sistema se revela como sendo algo radical em relação à presente situação. Uma possível implementação seria feita de forma iterativa, de forma a minimizar a resistência humana. Faria, então, sentido implementá-lo “de cima para baixo,” começando pelas reuniões S&OP, que não necessitam inicialmente de informatização, e só passando para os planeamentos intermédios e para a informatização necessária quando estas estivessem a funcionar bem.

Trabalho futuro à implementação do sistema consistiria na minimização do impacto da FHP, tanto a nível da gestão, para o qual este sistema se revela como uma possível base, como a nível tecnológico, tanto na direcção de conjugar lotes de produções diferentes, como de tentar prever as quantidades de *sub-lote* homogéneos resultantes de cada produção. Por exemplo, o Instituto Kaizen determinou recentemente todas as causas provocadoras da FHP na Revigrés, pelo que a atribuição de uma variância a essas causas numa tentativa de obter previsões com base estatística sobre as quantidades de *sub-lotes* viria complementar o sistema perfeitamente

Esse é mesmo o factor que o autor considera ser o calcanhar de Aquiles desta conceptualização, visto que o sistema vem apoiado num modelo matemático que prevê os *sub-lotes* futuros através de percentagens parametrizáveis pelos planeadores que se baseiam apenas em dados históricos e na sua experiência para o fazer. Contudo, se acontecer que a incerteza do impacto da FHP seja em demasia para um determinado produto, isto facilmente provoca efeito chicote a todo o montante e jusante do sistema. O *buffer* de capacidade sugerido é uma tentativa de reduzir esse efeito através da flexibilização da cadeia que pode melhor reagir a desvios do planeado.

## BIBLIOGRAFIA

- ❖ Adam Jr, E. E., & Ebert, R. J. (1992). *Production and operations management: Concepts, models and behaviour* (Fifth edit.). Prentice-Hall.
- ❖ Alarcón, F., Alemany, M. M. E., Lario, C., & Oltra, R. (2011). La falta de homogeneidad del producto (fHP) en las empresas cerámicas y su impacto en la reasignación del inventario. *Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio*, 50, 49–57.
- ❖ Albors, J., & Hervás, J. L. (2002). La industria cerámica europea en el siglo XXI. Retos tecnológicos y desafíos de la próxima década. *Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio*, (2), 13–21.
- ❖ Albors, J., Hervas, J. L., & Marquez, P. (2006). Adopción contingente de tecnología de producción en el sector cerámico español. Un estudio empírico. *Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio*, 345.
- ❖ Alemany, M M E, & Ortiz, A. (2012). Characterizing Productive Processes with Lack of Homogeneity in the Product and its Impact on the Master Planning and Order Promising, 114–121.
- ❖ Alemany, M. M., Viudez, B., Bru, M., & F C L, E. (2010). Mathematic programming model for centralised master planning in ceramic tile supply chains.
- ❖ Alemany, M.M.E., Lario, F.-C., Ortiz, a., & Gómez, F. (2013). Available-To-Promise modeling for multi-plant manufacturing characterized by lack of homogeneity in the product: An illustration of a ceramic case. *Applied Mathematical Modelling*, 37(5), 3380–3398. doi:10.1016/j.apm.2012.07.022
- ❖ Antunes Junior, J. A. V., Kliemann Neto, F. J., & Fensterseifer, J. E. (1989). Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção : do “just-in-case” ao “just-in-time”. Retrieved from <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/19221>
- ❖ Arena Solutions. (2013). What to Include When Creating a Bill of Materials | Arena Solutions. Retrieved March 19, 2013, from <http://www.arenasolutions.com/resources/articles/creating-bill-of-materials>
- ❖ Blackstone, J. H. (2008). *APICS Dictionary*. American Production & Inventory Control Society, Incorporated. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=OC33OwAACAAJ>
- ❖ Bocij, P., Greasley, A., & Hickie, S. (2008). *Business Information Systems: Technology, Development and Management*. Financial Times Prentice Hall.



- ❖ Buxey, G. (1995). A managerial perspective on aggregate planning. *Proceedings of the 12th International Conference on Production Research*, 41(1–3), 127–133. doi:10.1016/0925-5273(94)00070-0
- ❖ Carlos, L., & Pires, M. (2004). Desenvolvimento de um sistema de planeamento e controlo da produção para empresas distribuídas virtuais.
- ❖ Carravilla, M. A. (1997). *MRP & CRP*. FEUP.
- ❖ Choong, J. (2012). *Powerful forecasting with MS Excel*.
- ❖ Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation* (3rd ed.).
- ❖ Courtois, A., Martin-Bonnefois, C., & Pillet, M. (1997). *Gestão da Produção* (4.<sup>a</sup> Edição.). Lidel.
- ❖ Dilworth, J. B. (1993). *Production and operations management: manufacturing and services*. McGraw-Hill Ryerson, Limited.
- ❖ Filinovich, P. (2011). History And Evolution Of ERP - Considered As The Evolution Of MRP II. Retrieved April 26, 2013, from <http://www.articlesfactory.com/articles/computers/history-and-evolution-of-erp-considered-as-the-evolution-of-mrp-ii.html>
- ❖ García, B. D., & Fajarnés, G. P. (2006). Proyectos Europeos Industriales. Caso Práctico: “Monotone”. In *X CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE PROYECTOS* (pp. 13–15). Valência.
- ❖ Gibson, P., Greenhalgh, G., & Kerr, R. (1995). *Manufacturing Management: Principles and Concepts*. Springer. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=xnxPAAAAMAAJ>
- ❖ Graves, S. C. (1999). Manufacturing Planning and Control Manufacturing Planning and Control, (November), 1–26.
- ❖ Grimson, J. A., & Pyke, D. F. (2007). Sales and operations planning: an exploratory study and framework. *The International Journal of Logistics Management*, 18(3), 322–346. doi:10.1108/09574090710835093
- ❖ Harrison, D. K., & Petty, D. J. (2002). *Systems for Planning and Control in Manufacturing*. Elsevier Science.
- ❖ Helms, M. M. (2006). *Encyclopedia of management*. Detroit: Thomson/Gale. Retrieved from [http://fcrm.ir/UserFiles/File/books/english/Encyclopedia of management 5th ed.pdf](http://fcrm.ir/UserFiles/File/books/english/Encyclopedia%20of%20management%205th%20ed.pdf)
- ❖ Herrmann, J. W. (2007). The Legacy of Taylor , Gantt , and Johnson : How to Improve Production Scheduling. *THE INSTITUTE FOR SYSTEMS RESEARCH*.

- ❖ IAPMEI. (n.d.). Como elaborar um Plano de Negócios: O seu guia para um projecto de sucesso.
- ❖ Kalekar, P. (2004). Time series forecasting using Holt-Winters exponential smoothing. Retrieved from [http://www.it.iitb.ac.in/~praj/acads/seminar/04329008\\_ExponentialSmoothing.pdf](http://www.it.iitb.ac.in/~praj/acads/seminar/04329008_ExponentialSmoothing.pdf)
- ❖ Lapide, L. (2004). Sales and operations planning part III: A diagnostic model. *The journal of business forecasting*, 3–6.
- ❖ Laudon, K., Laudon, J., & Brabston, M. (2006). *Management information systems: managing the digital firm*. Pearson Education. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=Kx0YJS4ayAgC>
- ❖ Louis, R. S. (2005). *Integrating Kanban with MRPII: Automating a Pull System for Enhanced Jit Inventory Management*. PRODUCTIVITY PressINC. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=WqSJHAAACAAJ>
- ❖ Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M., Lewandowski, R., ... Winkler, R. (1982). The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition. *Journal of Forecasting*, 1(2), 111–153. doi:10.1002/for.3980010202
- ❖ Makridakis, S., & Winkler, R. L. (1983). Averages of Forecasts: Some Empirical Results. *Management Science*, 29(9), 987–996. doi:10.1287/mnsc.29.9.987
- ❖ Makridakis, Spyros, & Hibon, M. (2000). The M3-Competition: results, conclusions and implications. *International Journal of Forecasting*, 16(4), 451–476. doi:10.1016/S0169-2070(00)00057-1
- ❖ Meyer, H., Fuchs, F., & Thiel, K. (2009). *Manufacturing Execution Systems: Optimal design, planning, and deployment*.
- ❖ Meyr, H. (2009). Customer segmentation, allocation planning and order promising in make-to-stock production. *OR Spectrum*, 31(1), 229–256.
- ❖ Mundi, I., Alemany, M. M. E., Boza, A., & Poler, R. (2012). The Effect of Modeling Qualities, Tones and Gages in Ceramic Supply Chains' Master Planning, 16(3), 5–18.
- ❖ Oliveira, C. B. M. de. (1998). *Estruturação, identificação e classificação de produtos em ambientes integrados de...* Retrieved from <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-13082001-152514/pt-br.php>
- ❖ Oliveira, P. M. (2006). *Livro institucional da Revigrés*. Revigrés - Indústria de Revestimentos de Grés, Lda.

- ❖ Orlicky, J. (1975). *Material requirements planning: the new way of life in production and inventory management*. McGraw-Hill. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=W9TAAAAMAAJ>
- ❖ Pan, L., & Kleiner, B. H. (1995). Aggregate planning today. *Work Study*, 44(3), 4–7. doi:10.1108/00438029510085339
- ❖ Petty, D. J., Stirling, M. D., Travis, L. C., & Bennett, R. (2000). Conditions for the successful implementation of finite capacity/MRP II hybrid control systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 214(9), 847–851. Retrieved from <http://pib.sagepub.com/content/214/9/847.abstract>
- ❖ Pinto, J. (2006). *Gestão da produção na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel.
- ❖ Poyatos, A., Bonaque, R., Mallol, C., & Boix, J. (2010). Nuevo sistema y metodología para la eliminación de los calibres en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 49(2), 147–151.
- ❖ Ptak, C., & Smith, C. (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning 3/E*. McGraw-Hill Education.
- ❖ Render, B., & Heizer, J. (2001). *Principles of operations management*. Prentice Hall. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=svtGAAAAYAAJ>
- ❖ Rudd, J. M., Greenley, G. E., Beatson, A. T., & Lings, I. N. (2008). Strategic planning and performance: Extending the debate. *Journal of Business Research*, 61(2), 99–108. doi:10.1016/j.jbusres.2007.06.014
- ❖ Schmenner, R. W. (1993). *Production/Operations Management*. (C. E. Stewart, Ed.) (5th ed.). Prentice Hall.
- ❖ Sheldon, D. H. (2006). *World Class Sales and Operations Planning: A Guide to Successful Implementation and Robust Execution*. J. Ross Publishing, Incorporated.
- ❖ Skinner, W. (1984). *The Taming of Lions: How Manufacturing Leadership Evolved, 1780-1984*. Division of Research, Harvard Business School. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=AgMfHAAACAAJ>
- ❖ Stair, R., & Reynolds, G. (2007). *Principles of Information Systems, 8th Edition*. Course Technology Press.
- ❖ Starbek, M., & Grum, J. (2000). Selection and implementation of a PPC system. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, (11:8), 765–774.
- ❖ Stevenson, W. J., & Hojati, M. (2001). *Production/Operations/Management*. McGraw-Hill Ryerson, Limited. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=RhFh-FoajkYC>

- ❖ Toomey, J. W. (1996). *MRP II: Planning for Manufacturing Excellence*. Springer. Retrieved from <http://books.google.pt/books?id=exF11siZc2cC>
- ❖ Tortajada, I., Peris-Fajarnés, G., Aguilar, M., & Latorre, P. (2006). Análisis del proceso de clasificación cerámico. *Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio*, 27, 0–5.
- ❖ Tseng, M. M., & Jiao, J. (2001). *Mass Customization*, in: *Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operation Management* (3rd ed.). New York, NY: Wiley. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_customization](https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_customization)
- ❖ Vollmann, T., Berry, W., & Whybark, C. (1997). *Manufacturing Planning and Control Systems*. McGraw-Hill. Retrieved from <http://www.citeulike.org/group/1676/article/901872>

## ANEXO 1 - ABORDAGEM TECNOLÓGICA À FHP

Esta secção pretende demonstrar o estado da arte das técnicas de detecção automática que o autor descobriu ao longo do trabalho. A maior parte diz respeito à qualidade, visto ser simplesmente mais fácil de classificar.

Título	Autores	Abordagem	Aplicação	Conclusões
Hyper-spectral features applied to colour shade grading tile Classification (2006)	Juan Rosell; Gabriela Andreu; Alberto Pérez.	Análise de características híper-espectrais, utilizando representações espectrais de cor.	Tonalidade.  O tipo de mosaico testado não é explicitado.	Melhor do que a captura de imagens cinzentas. Provavelmente melhor do que a captura de imagens RGB.
A ceramic tile inspection system for detecting corner defects (2001)	J.M. Valiente Gonzalez; F. Acebron Linuesa; F. Lopez Garcia.	Inspeção e classificação de acordo com os defeitos nos cantos utilizando um a metodologia de segmentação e um classificador geométrico.	Qualidade.  Defeitos nos cantos dos mosaicos.  Todo o tipo de mosaicos.	Classificação com perto de 95% de coincidência com a opinião dos especialistas.
Automatic defect detection and classification technique from image: a special case using ceramic tiles (2009)	G.M. Atiqur Rahaman; Md. Mobarak Hossain.	Análise de imagens pré-processadas para a detecção e identificação de defeitos através de algoritmos.	Qualidade.  Defeitos em todo o mosaico.  Todo o tipo de mosaico.	Melhor rácio de detecção de defeitos do que X. Contudo, não detecta satisfatoriamente defeitos no esmalte nem arranhões.
Automatic tone grading system for granite tiles (2010)	J.C. Catalina; G. Fernández Ramón; D. Alarcón.	Captura de uma imagem a cores e consequente determinação da tonalidade através da comparação das tonalidades definidas	Tonalidade.  Padrões em granito.	Classificação com perto de 97% de acordo com a opinião dos especialistas.

		previamente para o produto.		
Failure detection and isolation in ceramic tile edges based on contour descriptor analysis (2007)	Ž. Hocenski; T. Keser.	Pré-geração de um descritor de referência para os contornos e comparação com os mosaicos que se pretendem avaliar.	Qualidade.  Todo o tipo de mosaicos.	Apesar de bem-sucedido, parece limitado aos defeitos de cantos partidos.
Efficient defect detection algorithm for gray level digital images using Gabor wavelet filter and Gaussian filter (2011)	K.N. Sivabalan; Dr. D. Gnanadurai.	Uso de filtros de imagem para a isolamento das áreas defeituosas do mosaico.	Qualidade.  Todo o tipo de mosaicos.	85% de eficácia. Adequado apenas para imagens com baixa intensidade de defeitos.
Corner Defect Detection Based on Dot Product in Ceramic Tile Images (2011)	Farzaneh Salimian Najafabadi; Hossein Pourghassem.	Técnicas de processamento de imagem e vectores de produto interno de acordo com ângulos.	Qualidade.  Todo o tipo de mosaicos.	Bem-sucedido mas limitado aos cantos.
Plain Ceramic tiles surface defect detection using Image Processing (2011)	Atul N. Shire; Dr. M. M. Khanapurkar; Rajashri S. Mundewadikar.	Processamento de imagens em escala de cinzentos.	Qualidade.  Mosaicos de cor única.	Bem-sucedido para uma variedade de defeitos.

Para além dos artigos indicados na tabela acima, o autor aponta para a existência de um projecto envolvendo bastantes entidades relevantes internacionais e conduzido pela Universidade Politécnica de Valência no sentido de desenvolver um sistema capaz de classificar automaticamente os mosaicos, eliminando de vez o impacto da FHP. O projecto chama-se Monotone e pouco se sabe acerca dos seus métodos. Os seus resultados, contudo, apontam para reduções nas rejeições até 80%, redução de custos de qualidade em 5%, redução no número de pessoal necessário em 10%, redução de 6% no consumo energético e redução no tempo de entrega e armazenamento até 50% (García & Fajarnés, 2006). Uma

decisão estratégica interessante para a Revigrés era o de obter, de alguma maneira, acesso a essa informação.

## ANEXO 2 – IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO MP-REV-FHP NO CPLEX

### Código utilizado

```
/*declaração de conjuntos */
{string} Familia =...;
{string} Produto =...;
{string} Classe =...;
{string} Linha =...;

/*declaração de subconjuntos */
{string} prodfam[Familia] =...;
{string} famlin[Linha] =...;
{string} prodlin[Linha] =...;

/*Inicialização do horizonte de planeamento */
int numPeriodos =...;
range Horizonte = 1..numPeriodos;

/* Inicialização de parâmetros */
float capacidade[Linha][Horizonte] =...;
float nconforme[Produto] =...;
float primeiraq[Produto] =...;
float custoprod[Produto][Linha] =...;
float custosetupf[Familia][Linha] =...;
float custosetupi[Produto][Linha] =...;
float tprod[Produto][Linha] =...;
float tsetupf[Familia][Linha] =...;
float tsetupi[Produto][Linha] =...;
float lotemin[Produto][Linha] =...;
float tminprod[Produto][Linha] =...;
float ss[Produto] =...;
float custostock[Produto][Classe] =...;
float custoback[Produto][Classe] =...;
float preco[Produto][Classe] =...;
float maxback[Classe] =...;
float tamedenc[Produto][Classe] =...;
int M1 = 6000;
int M2 = 12000;
```



```

float procura1[Classe][Horizonte] =...;
float procura2[Classe][Horizonte] =...;
float procura3[Classe][Horizonte] =...;
float procura[Produto][Classe][Horizonte] =[procural, procura2,
procura3];

float beta1[Produto][Linha] =...;
float beta2[Produto][Linha] =...;
float beta3[Produto][Linha] =...;

/*Variáveis de decisão */
dvar float+ QTDF[Familia][Linha][Horizonte];
dvar float+ QTDI[Produto][Linha][Horizonte];
dvar boolean XI[Produto][Linha][Horizonte];
dvar boolean XF[Familia][Linha][Horizonte];
dvar boolean YI[Produto][Linha][Horizonte];
dvar boolean YF[Familia][Linha][Horizonte];
dvar float+ STOCK[Produto][Classe][Horizonte];
dvar float+ VENDAS[Produto][Classe][Horizonte];
dvar float+ BACKO[Produto][Classe][Horizonte];
dvar int+ NENCL[Produto][Classe][Linha][Horizonte];
dvar int+ NENCL1[Produto][Classe][Linha][Horizonte];
dvar int+ NENCL2[Produto][Classe][Linha][Horizonte];
dvar int+ NENCL3[Produto][Classe][Linha][Horizonte];
dvar int+ NENCTOT[Produto][Classe][Horizonte];

/*maximizar função objectivo */
maximize

    sum( i in Produto, t in Horizonte, k in Classe)
    (preco[i][k]*VENDAS[i][k][t]) -
    sum( t in Horizonte, l in Linha, i in prodlin[l])
    (custoprod[i][l]*QTDI[i][l][t]) -
    sum( t in Horizonte, l in Linha, f in famlin[l])
    (custosetupf[f][l]*YF[f][l][t]) -
    sum( t in Horizonte, l in Linha, i in
    prodlin[l]) (custosetupi[i][l]*YI[i][l][t]) -
    sum( t in Horizonte, i in Produto, k in Classe)
    (custostock[i][k]*STOCK[i][k][t]) -
    sum( t in Horizonte, i in Produto, k in
    Classe) (custoback[i][k]*BACKO[i][k][t]);

subject to{ /*condições*/

    forall(l in Linha, t in Horizonte, i in Produto)

```

```

restCapacidade:
    sum(f in famlin[l]) tsetupf[f][l]*YF[f][l][t] +
    sum(i in prodlin[l])
(tsetupi[i][l]*YI[i][l][t]+tprod[i][l]*QTDI[i][l][t]) <=
capacidade[l][t];

forall(i in Produto, l in Linha, f in famlin[l], t in Horizonte)
    sum( i in prodfam[f] ) QTDI[i][l][t] == QTDF[f][l][t];

forall( l in Linha, i in prodlin[l], t in Horizonte )
    QTDI[i][l][t]>= lotemin[i][l]*XI[i][l][t];

forall(l in Linha, i in prodlin[l], t in Horizonte)
    QTDI[i][l][t] <= M1*XI[i][l][t];

forall( l in Linha, f in famlin[l], t in Horizonte)
    QTDF[f][l][t] <= M2*XF[f][l][t];

forall( l in Linha, i in prodlin[l], t in Horizonte)
    if (t>1){YI[i][l][t] >= XI[i][l][t] - XI[i][l][t-1];}
    else YI[i][l][t] == 0;

forall(l in Linha, t in Horizonte)
    sum(i in Produto) YI[i][l][t] >= sum(i in Produto) XI[i][l][t] -1;

forall(l in Linha, f in famlin[l], t in Horizonte)
    if (t>1) { YF[f][l][t] >= XF[f][l][t] - XF[f][l][t-1]; }

forall(l in Linha, t in Horizonte)
    sum(f in Familia) YF[f][l][t] >= sum(f in Familia) XF[f][l][t] -
1;

forall( l in Linha, f in famlin[l], t in Horizonte)
    sum(t in Horizonte) YF[f][l][t] <= 1;

forall (l in Linha, i in Produto, t in Horizonte, k in Classe)
restFHP1:
    sum(k in Classe) NENCL1[i][k][l][t]*tamedenc[i][k] == (1-
nconforme[i])*primeiraq[i]*beta1[i][l]*QTDI[i][l][t];

forall (l in Linha, i in Produto, t in Horizonte, k in Classe)
restFHP2:
    sum(k in Classe) NENCL2[i][k][l][t]*tamedenc[i][k] == (1-
nconforme[i])*primeiraq[i]*beta2[i][l]*QTDI[i][l][t];

```

```

forall (l in Linha, i in Produto, t in Horizonte, k in Classe)
  restFHP3:
    sum(k in Classe) NENCL3[i][k][l][t]*tamedenc[i][k] == (1-
nconforme[i])*primeiraq[i]*beta3[i][l]*QTDI[i][l][t];

forall (i in Produto, l in Linha, k in Classe, t in Horizonte)
  restNumEncomendas:
    NENCL[i][k][l][t] == NENCL1[i][k][l][t] + NENCL2[i][k][l][t] +
NENCL3[i][k][l][t];

forall(i in Produto, k in Classe, t in Horizonte)
  restNENCTOT:
    NENCTOT[i][k][t] == sum(l in Linha) NENCL[i][k][l][t];

forall(i in Produto, k in Classe, t in Horizonte)
  if (t>1) {
  restStock:
    STOCK[i][k][t] == STOCK[i][k][t-1] +
NENCTOT[i][k][t]*tamedenc[i][k] - VENDAS[i][k][t];
  } ;

forall(i in Produto, k in Classe, t in Horizonte)
  if (t>1) {
  restBackorder:
    VENDAS[i][k][t] + BACKO [i][k][t] - BACKO[i][k][t-1] ==
procura[i][k][t];
  } else VENDAS[i][k][t] <= procura[i][k][t]; /*proibe a variável
vendas de ultrapassar a procura */

forall(i in Produto, k in Classe, t in Horizonte)
  restBackorderLimite:
    BACKO[i][k][t] <= maxback[k]*procura[i][k][t];

forall(i in Produto, t in Horizonte)
  restss:
    sum(k in Classe) STOCK[i][k][t] >= ss[i];
}

/*print*/
execute{
  for(var i in Produto) {
    for(var k in Classe) {
      for(var t in Horizonte){

```

```

        write("Plano[" , i , "]" [ , k , "]" [ , t , "]" =
<Fazer:","NENCTOT[i][k][t]*tamedenc[i][k] ,", Vender:","VENDAS[i][k][t] ,",
Reter:","STOCK[i][k][t] ,">");
    }
}
}
}

```

## Dados introduzidos:

```

Familia = { PT PE };
Produto = { i1 i2 i3 };
Classe = { A B C D };
Linha = { 11 12 13 };

numPeriodos = 4;

prodfam = #[
    PT : {i1, i2},
    PE : {i3}
]#;

famlin = #[
    11 : { PT, PE },
    12 : { PT, PE },
    13 : { PE }
]#;

prodlin = #[
    11 : { i1, i2},
    12 : { i1, i2, i3},
    13 : { i1, i2, i3 }
]#;

capacidade = [
    [ 80, 80, 60, 80 ],
    [ 80, 80, 80, 80 ],
    [ 80, 80, 80, 70 ]
];

nconforme = [ 0.05, 0.06, 0.04 ];

primeiraq = [ 0.80, 0.74, 0.78 ];

custoprod = [
    [2, 2,2],

```

```

                [2, 2, 2],
                [2, 2, 2]
            ];

custosetupf = [
                [70, 50, 60],
                [80, 70, 75]
            ];

custosetupi = [
                [10, 15, 16],
                [13, 15, 17],
                [17, 20, 15]
            ];

tprod = [
                [0.01, 0.02, 0.01],
                [0.01, 0.02, 0.02],
                [0.01, 0.01, 0.02]
            ];

tsetupf = [
                [1, 1.5, 1],
                [1, 1.2, 1]
            ];

tsetupi = [
                [0.1, 0.1, 0.1],
                [0.2, 0.2, 0.2],
                [0.1, 0.2, 0.1]
            ];

lotemin = [
                [600, 650, 600],
                [500, 520, 500],
                [200, 200, 220]
            ];

tminprod = [
                [1, 1, 1],
                [1, 1, 1],
                [1, 1, 1]
            ];

ss = [200, 300, 200];

custostock = [
                [1, 1.5, 1.6, 1.8],
                [1, 1.2, 1.4, 1.6],
                [1, 1.1, 1.2, 1.3]
            ];

```

```

custoback = [
                [1, 0.5, 0.4, 0.2],
                [1, 0.8, 0.5, 0.3],
                [1, 0.6, 0.3, 0.1]
            ];

preco = [
        [6, 5, 4, 3],
        [8, 7, 6, 5],
        [9, 6, 4, 2]
    ];

maxback = [0.10, 0.15, 0.20, 0.30];

tamedenc = [
    [ 200, 100, 50, 20],
    [ 300, 150, 80, 30],
    [ 500, 200, 90, 40]
    ];

procura1 = [
                [1000, 800, 500, 300],
                [1200, 900, 600, 200],
                [1000, 600, 300, 100],
                [800, 400, 200, 50]
            ];

procura2 = [
                [2000, 1000, 400, 200],
                [1500, 1000, 700, 300],
                [800, 300, 200, 100],
                [500, 200, 100, 20]
            ];

procura3 = [
                [1000, 800, 500, 300],
                [1200, 900, 600, 200],
                [1000, 600, 300, 100],
                [800, 400, 200, 50]
            ];

beta1 = [
        [0.70, 0.72, 0.75],
        [0.60, 0.65, 0.70],
        [0.80, 0.82, 0.80]
    ];

```

```
beta2 = [  
          [0.20, 0.12, 0.10],  
          [0.25, 0.20, 0.16],  
          [0.10, 0.08, 0.08]  
        ];  
beta3 = [  
          [0.08, 0.09, 0.07],  
          [0.1, 0.1, 0.1],  
          [0.02, 0.05, 0.06]  
        ];
```





## ANEXO 3 – IMPLEMENTAÇÃO DA TÉCNICA DE HOLT-WINTERS EM EXCEL.

		Mês/Ano	Procura	Média móvel	Desvios média movel	Ei	Ti	Si	yprev	Desvios HW
		janeiro 09	708,00	#N/D				3,18		
MAD média móvel	58,00	fevereiro 09	167,00	#N/D				0,75		
		março 09	90,00	#N/D				0,40		
MAD HW (FO do solver)	47,06	abril 09	340,00	#N/D				1,53		
		maio 09	198,00	326,25	128,25			0,89		
		junho 09	220,00	198,75	21,25			0,99		
		julho 09	286,00	212,00	74,00			1,28		
		agosto 09	263,00	261,00	2,00			1,18		
		setembro 09	208,00	241,75	33,75			0,93		
0<= x <= 1		outubro 09	89,00	244,25	155,25			0,40		
Alfa	0,60	novembro 09	69,00	211,50	142,50			0,31		
Beta	0,16	dezembro 09	37,00	157,25	120,25	222,92	0,00	0,17		
Gama	0,72	janeiro 10	490,00	100,75	389,25	97,14	-19,66	4,53	708,00	218,00
		fevereiro 10	229,00	171,25	57,75	420,74	33,99	0,60	58,05	170,95
		março 10	111,00	206,25	95,25	521,68	44,46	0,27	183,59	72,59
		abril 10	63,00	216,75	153,75	272,43	-1,45	0,59	863,50	800,50
		maio 10	236,00	223,25	12,75	151,88	-20,06	1,37	240,69	4,69
		junho 10	172,00	159,75	12,25	195,70	-10,08	0,91	130,10	41,90
		julho 10	253,00	145,50	107,50	154,93	-14,88	1,54	238,15	14,85
		agosto 10	116,00	181,00	65,00	184,34	-7,96	0,78	165,23	49,23
		setembro 10	446,00	194,25	251,75	145,39	-12,80	2,48	164,58	281,42
		outubro 10	83,00	246,75	163,75	718,68	78,80	0,19	52,94	30,06
		novembro 10	202,00	224,50	22,50	482,36	29,55	0,39	246,85	44,85
		dezembro 10	81,00	211,75	130,75	931,67	95,16	0,11	84,97	3,97

janeiro 11	206,00	203,00	3,00	426,19	1,28	1,60	4648,45	4442,45
fevereiro 11	49,00	143,00	94,00	377,04	-6,60	0,26	256,90	207,90
março 11	110,00	134,50	24,50	259,73	-23,90	0,38	98,40	11,60
abril 11	129,00	111,50	17,50	206,54	-28,48	0,61	138,99	9,99
maio 11	252,00	123,50	128,50	128,13	-36,28	1,80	243,87	8,13
junho 11	180,00	135,00	45,00	202,25	-19,03	0,90	83,47	96,53
julho 11	140,00	167,75	27,75	143,90	-25,17	1,13	281,45	141,45
agosto 11	49,00	175,25	126,25	154,67	-19,56	0,45	92,80	43,80
setembro 11	338,00	155,25	182,75	66,46	-30,29	4,36	334,67	3,33
outubro 11	235,00	176,75	58,25	1051,70	128,43	0,22	7,02	227,98
novembro 11	142,00	190,50	48,50	837,64	74,90	0,23	458,53	316,53
dezembro 11	43,00	191,00	148,00	1146,15	111,41	0,06	99,30	56,30
janeiro 12	61,00	189,50	128,50	524,88	-3,10	0,53	2015,28	1954,28
fevereiro 12	92,00	120,25	28,25	350,65	-29,85	0,26	135,83	43,83
março 12	38,00	84,50	46,50	274,02	-37,16	0,21	121,85	83,85
abril 12	60,00	58,50	1,50	132,65	-53,45	0,50	145,63	85,63
maio 12	134,00	62,75	71,25	51,88	-57,72	2,37	142,68	8,68
junho 12	32,00	81,00	49,00	86,75	-43,25	0,51	-5,22	37,22
julho 12	94,00	66,00	28,00	34,48	-44,66	2,28	49,11	44,89
agosto 12	23,00	80,00	57,00	121,51	-24,07	0,26	-4,53	27,53
setembro 12	0,00	70,75	70,75	42,57	-32,65	1,21	425,19	425,19
outubro 12	171,00	37,25	133,75	4,01	-33,57	30,88	2,14	168,86
novembro 12	38,00	72,00	34,00	430,37	38,31	0,13	-6,80	44,80
dezembro 12	41,00	58,00	17,00	584,81	56,46	0,07	26,83	14,17